This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

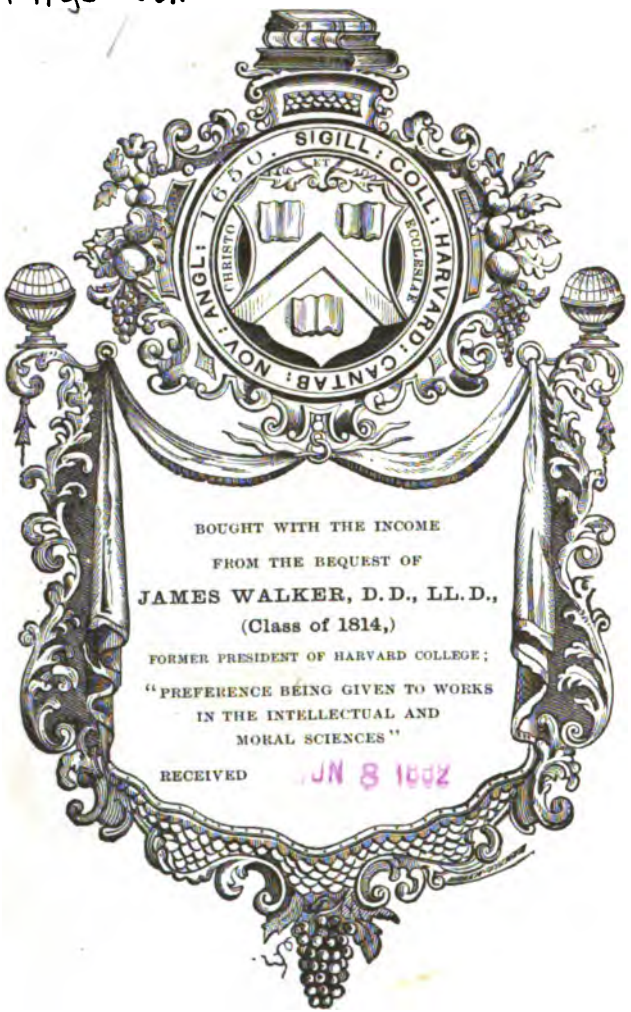
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

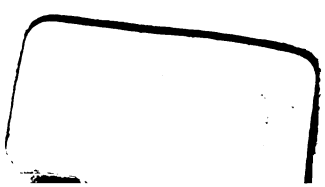
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Phys 100.1



BOUGHT WITH THE INCOME
FROM THE BEQUEST OF
JAMES WALKER, D.D., LL.D.,
(Class of 1814,)
FORMER PRESIDENT OF HARVARD COLLEGE;
"PREFERENCE BEING GIVEN TO WORKS
IN THE INTELLECTUAL AND
MORAL SCIENCES"
RECEIVED JN 8 1892



WISSENSCHAFTLICHE

ABHANDLUNGEN.

VIERTER BAND.

Johann Kepler.

Photographie nach einer von A. KRELING dem Schöpfer
des Kepler-Denkmals, modellirten Büste
auf der Königlichen Sternwarte
zu
Leipzig.

WISSENSCHAFTLICHE

WISSENSCHAFTLICHE

ABHANDLUNGEN

MIT

ZWEI POPULÄREN VORTRÄGEN

über die universelle Bedeutung der mechanischen Principien

und

die physische Beschaffenheit der Sonne

gehalten

in der Aula und im Professoren-Verein der Universität Leipzig

von

Johann Carl FRIEDRICH ZÖLLNER.

VIERTER BAND.

Mit 1 Titelbild in Lichtdruck, 11 Tafeln in Farbendruck, 8 Bildnissen in Stahlstich, 4 lithographirten Tafeln, 3 photographisch-facsimilirten Schriftstücken und 13 Holzschnitten.

LEIPZIG.
COMMISSIONSVERLAG VON L. STAACKMANN.
1881.

Phys 100.1
V 549

JUN 8 11 2
Walker Fund.

„Lectures which really teach will never be popular
Lectures which are popular will never really teach."
FARADAY.
Life and Letters of *Faraday*, by *Bence Jones*.
Vol. II. p. 228.

Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Sr. Excellenz

dem Freiherrn

Dr. Johann Paul von Falkenstein

Königlich Sächsischem Staatsminister und Minister des Königlichen Hauses

in

Dankbarkeit und Verehrung

gewidmet.

Ew. Excellenz

haben mir während der Zeit, in welcher das Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichtes Ihrer umsichtigen und bewährten Leitung anvertraut war, so vielfache Beweise einer verständnissvollen und aufmunternden Theilnahme an meinen wissenschaftlichen Bestrebungen gegeben, dass ich nur dem Gefühle einer pflichtschuldigen Dankbarkeit folge, wenn ich an Ew. Excellenz die Bitte richte, die Widmung der vorliegenden Schrift als ein Zeichen dieser Empfindungen entgegen nehmen zu wollen.

Möge es Ew. Excellenz beim Rückblick auf ein thatenreiches, unter wechselvollen Geschicken dem Dienste des Staates und der Wissenschaft geweihten Lebens von der Vorsehung beschieden sein, Sich noch lange in ungetrübter Gesundheit an dem Wiedererwachen des christlichen und patriotischen Geistes unserer deutschen akademischen Jugend zu erfreuen und hierin am Abende des Lebens eine Genugthuung für die selbstlose und gewissenhafte Fürsorge erblicken, mit welcher Ew. Excellenz zu allen Zeiten das sittliche und wissenschaftliche Gedeihen der Uni-

versität Leipzig gefördert haben. Denn der durch Jahrhunderte hindurch bewährte deutsche Geist unserer Universität wird, verjüngt und mit neuem Glanze ausgestattet, seine Strahlen weit über Deutschland hinaus verbreiten, auf dass die verheissungsvollen Worte unseres unvergesslichen Königs Johann bei der feierlichen Uebergabe des Augusteums an die Universität Leipzig am 3. August 1836 in Erfüllung gehen und

> „von dieser Stätte fortan nur Wahrheit, Frömmigkeit, Pflichttreue und Anhänglichkeit an König und Vaterland auf das Volk in reichen Strömen sich ergiessen, ja auch noch über Sachsens Grenze hin fort und fort von hier aus das Licht der Wissenschaft seine Strahlen verbreite und dies kleine Land, wie früher, so auch künftig, ein Glanzpunkt verbleibe in der Geschichte des menschlichen Geschlechtes!“

Mit dieser frohen Aussicht auf eine neue, glorreiche Reformations-Epoche Deutschlands genehmigen Ew. Excellenz den vorliegenden vierten Band der „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ entgegenzunehmen als ein Zeichen aufrichtiger Verehrung und Dankbarkeit

des Verfassers.

Inhalt des vierten Bandes.

	Seite
Vorrede	IX
Zur Erinnerung an ein fünfzigjähriges Professoren-Jubiläum	XLVII
Ueber die universelle Bedeutung der mechanischen Principien	3
Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne	27
Ueber ein neues Spectroskop nebst Beiträgen zur Spectralanalyse der Gestirne	47
Beobachtungen von Protuberanzen der Sonne	60
Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken	69
Ueber die spectroskopische Beobachtung der Rotation der Sonne und ein neues Reversionsspectroskop	83
Ueber den Aggregatzustand der Sonnenflecke	91
Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten	110
Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne. Erste Abhandlung	184
Ueber den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase	208
Ueber das Spectrum des Nordlichtes	233
Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne. Zweite Abhandlung	241
Erwiderung auf die Bedenken des Hrn. Reye gegen meine Erklärung der Sonnenflecke und Protuberanzen	280
Ueber das spectroskopische Reversionsfernrohr	304
Ueber ein einfaches Ocularspectroskop für Sterne	310
Ueber eine neue Methode zur Messung anziehender und abstossender Kräfte	313
Ueber die Construction und Anwendung des Horizontalpendels	317
Zur Geschichte des Horizontalpendels	325
Beitrag zur Geschichte des Horizontalpendels von Professor Šafařik	336
Ueber den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper	343
Electrodynamische Widerstands-Messungen nach absolutem Maasse	443
Referate über astrophysikalische Abhandlungen aus dem Jahre 1869	514
Ueber Spectralphotometrie	528

Seite

Ueber Farbenbestimmung der Gestirne 546
Einige Sätze aus der theoretischen Photometrie 559
Resultate photometrischer Beobachtungen an Himmelskörpern . . . 574
Photometrische Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Planeten Merkur 583
Beiträge zur Kenntniss der chromatischen und monochromatischen Abweichung des menschlichen Auges 602
Ueber eine neue Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris 610
Zur Geschichte und Theorie der durch Lichtreize erzeugten partiellen Farbenblindheit 629
Ueber ein einfaches Verfahren, ohne Silbersalze mit Anwendung von Eisensalzen unmittelbar kräftige positive Photographien zu erzeugen 639
Thesen zur Habilitation in der philosophischen Facultät der Universität Leipzig am 13. März 1865 646
Robert Mayer's Verdienste um die Astrophysik 648
Fragmente zur Geschichte der Sonnenflecken 673
Robert Mayer aus Heilbronn, eine biographische Skizze 674
Zur Geschichte der Astrophysik 691

Vorrede.

„Jedes Volk steht auf seiner Vorzeit, und dasjenige, welches sie kennt und ehrt, wird sich selbst besser erkennen und ehren lernen. Namentlich Deutschland braucht sich seiner Vorzeit nicht zu schämen. Zwar hat es keine weiten Eroberungen aufzuweisen, keine Entdeckungen und Kolonisirung ferner Erdtheile, zwar fehlt ihm Englands hoher Gemeinsinn und Frankreichs kompaktes Zusammenhalten. Dafür kann es sich vielfacher Entdeckungen auf dem Felde der Wissenschaft rühmen und eines reichen Kunstlebens, wie keines dieser beiden Länder, und Deutsche Sitte und Deutsche Biederkeit ist in der ganzen Welt bekannt. Und wo wäre eine Regentenreihe, die an grossen und zugleich edlen Charakteren den Vergleich mit der Reihe der deutschen Kaiser aushalten könnte! Darum sei unser Bestreben dahin gerichtet, diese Vorzeit immer deutlicher unserem Volke zum Bewusstsein zu bringen und ihre Denkmäler zu ehren und ehren zu lehren!“

König Johann von Sachsen.[1])

Der vorliegende vierte Band meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ enthält den Abdruck sämmtlicher Arbeiten über Astrophysik und Optik,[2]) welche ich im Laufe der verflossenen 25 Jahre in „Poggendorff's Annalen“, den „Astronomischen Nachrichten“ und den „Berichten der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften“ veröffentlicht habe. Ausgeschlossen sind nur diejenigen drei Abhandlungen[3]) aus dem Gebiete der psychologischen Optik, welche bereits in meinem Buche „über die Natur der Cometen“ im Zusammenhange mit andern Betrachtungen zum Abdruck gekommen sind, und ausserdem zwei Abhand-

[1]) Vgl. „Johann, König von Sachsen. Ein Charakterbild von Dr. J. P. von Falkenstein“. Volksausgabe von J. Petzholdt. S. 143.

[2]) Ausser den beiden populären Vorträgen über die universelle Bedeutung der mechanischen Principien und die physische Beschaffenheit der Sonne. Ueber die Veranlassung zu letzterem Vortrage vgl. Näheres S. 758.

[3]) Vgl. unten S. 748.

lungen, welche von mir als Student im Jahre 1857 in Poggendorff's Annalen veröffentlicht worden sind.[1]) Die erste dieser beiden Abhandlungen enthält die Beschreibung meines Polarisationsphotometers und dessen Anwendung zur Messung der Lichtentwickelung galvanisch glühender Platindrähte. Die hierzu erforderlichen Experimente und Beobachtungen wurden von mir bereits zwei Jahre früher als Gymnasiast im chemischen Laboratorium des Köllnischen Realgymnasiums angestellt. Der wesentliche Inhalt dieser Abhandlung ist später in erweiterter Gestalt zu meiner Doctordissertation „Photometrische Untersuchungen insbesondere über die Lichtentwickelung galvanisch glühender Platindrähte" (Basel 1859) benutzt und auszugsweise in Poggendorff's Annalen Bd. 109 abgedruckt worden. Ich gedenke diese Abhandlung im fünften Bande der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" im Zusammenhange mit meinen sämmtlichen Arbeiten über Photometrie zu reproduciren. Eine vor 25 Jahren veröffentlichte Abhandlung „über ein neues Princip zur Construction elektromagnetischer Kraftmaschinen"[2]) und die darin enthaltene Beschreibung eines nach diesem Princip praktisch von mir ausgeführten grösseren Modells darf gegenwärtig

[1]) „Photometrische Untersuchungen" (Pogg. Ann. Bd. 100. S. 381—394). — „Ueber ein neues Princip zur Construction elektromagnetischer Kraftmaschinen" (Pogg. Ann. Bd. 101. S. 139—143).

[2]) Nach einer schematischen Entwickelung des Principes, mit Anwendung einer neuen Construction von Elektromagneten, (welche jedoch später von Romershausen als eine bereits früher von ihm gemachte, mir aber unbekannt gebliebene, Erfindung reclamirt wurde), beschliesse ich meine Abhandlung mit folgenden Worten:

„Ein bereits nach diesen Principien construirtes Modell mit einem Schwungrade von 16 Zoll Durchmesser und 22 Pfund Gewicht entspricht allen Erwartungen, obgleich das in Rede stehende System eigentlich nur auf der untersten Stufe in Anwendung kommt." („Berlin im März 1857".)

Die Maschine konnte mit Anwendung einer galvanischen Batterie von nur 4 Eisen-Zink-Elementen in schnelle Bewegung gesetzt werden, so dass ich auch heute noch die Vermuthung nicht zu unterdrücken vermag, es dürfte vielleicht jenes von mir vor 25 Jahren vorgeschlagene Princip für stationäre Maschinen eine vollständigere Uebertragung mechanischer Arbeit durch den galvanischen Strom ermöglichen, als dies gegenwärtig durch die allgemein angewandten Inductionsmaschinen geschieht.

Λαμπάδια ἔχοντες διαδώσουσιν ἀλλήλοις.
PLATO.

C. F. Gauss. *Wilhelm Weber.*

durch die epochemachenden Erfolge unseres Landsmannes

durch die epochemachenden Erfolge unseres Landsmannes Werner Siemens und seines erfindungsreichen Mitarbeiters Hefner-Alteneck als antiquirt betrachtet werden. Wenn wir es heute vor Allem dem praktischen Genie und der durch genügende materielle Hülfsmittel unterstützten Thatkraft dieser beiden Männer zu danken haben, dass Deutschland auf der gegenwärtig zu Paris eröffneten elektrotechnischen Ausstellung eine so hervorragende Rolle unter den übrigen Nationen einnimmt, so dürfen wir hierbei nicht diejenigen beiden deutschen Männer vergessen, welche vor einem halben Jahrhundert in stiller und ernster Gedankenarbeit die unerschütterlichen Fundamente zu den gegenwärtigen Triumphen Deutschlands gelegt haben, ich meine Carl Friedrich Gauss und Wilhelm Weber.

Sartorius v. Waltershausen,[1]) ein College und langjähriger Freund von Gauss, beschreibt die Umstände, durch welche jene beiden Männer persönlich zusammengeführt und von der Vorsehung zu so grossen Werken berufen wurden, wörtlich wie folgt:

„Im Herbste des Jahres 1828 entschloss sich Gauss der freundlichen Einladung von Alexander von Humboldt zu folgen, um bei demselben in Berlin, während der dortigen Naturforscher-Versammlung, einige Tage zuzubringen. Gauss machte damals zuerst die Bekanntschaft von Wilhelm Weber,[2]) deren nächste Folge sich in Weber's Berufung nach Göttingen zeigte, nachdem durch den Tod von Tobias Mayer die ordentliche Professur der Physik frei geworden war.

Mit Weber's Berufung, im Herbste des Jahres 1831, trat bei Gauss unerwartet rasch die Bearbeitung rein physikalischer Fragen in den Vordergrund. Durch dieses innige, freundschaftliche, nie getrübte Zusammenleben und Zusammenwirken beider Männer, welches Gauss einmal mit den Worten bezeichnet hat: „„Der Stahl schlägt an den Stein"", sind im Laufe weniger Jahre jene denkwürdigen, für das 19. Jahrhundert in der Physik Epoche machenden Arbeiten ins Leben gerufen, welche etwas später zum grösseren Theil in den magnetischen Resultaten ihren Ausdruck gefunden haben.

---

[1]) „Gauss zum Gedächtniss" Leipzig 1856 S. 61 ff. (Gauss geb. zu Braunschweig am 30. April 1777 — gest. zu Göttingen am 23. Februar 1855.

[2]) Wilhelm Weber (geb. zu Wittenberg am 24. October 1804) war damals soeben zum ausserordentlichen Professor der Physik an der Universität zu Halle ernannt worden.

Eines Tages, es war noch im Winter von 1832, trat ich zufälliger Weise in die Sternwarte; Gauss lehrend und mittheilend wie immer, nahm eine kleine Boussole zur Hand und zeigte mir an eisernen Stangen, welche die Fenster verschliessen, dass sie durch die Einwirkung des Erdmagnetismus selbst zu Magneten geworden waren. Sowie eine Lawine, durch einen kleinen an eine Bergwand fallenden Stein plötzlich in Bewegung gesetzt, zu ungeheurer Grösse anschwillt, mächtig genug um Thäler zu sperren und Gletscherströme aus ihrem früheren Laufe zu verdrängen, so wuchsen aus jenen einfachsten Versuchen durch Gauss' schöpferische Kraft jene bewunderungswürdigen Forschungen hervor, die ganz unerwartet eine Strasse verliessen, die man seit Jahrhunderten zu betreten gewohnt war, um auf einer neuen Bahn der neu belebten Wissenschaft eine endlose Perspective für die Zukunft zu eröffnen. Das Magnetometer in seiner gegenwärtigen Gestalt kam sehr bald in den Gebrauch und schon im Herbst des Jahres 1833 übergab Gauss der Societät seine Abhandlung über die Bestimmung der absoluten Intensität des Erdmagnetismus.

Mit der Erfindung des Magnetometers und mit den Beobachtungen, welche fast täglich über die absolute Declination und ihre Variationen, so wie in Bezug auf die Intensität ausgeführt wurden, hängt die Erfindung der elektromagnetischen Telegraphen aufs Innigste zusammen. Verschiedene Magnetometer wurden sogleich mit Multiplicatoren und einer doppelten Drahtleitung in Verbindung gesetzt, welche sich anfangs zwar nur von der Sternwarte bis zu dem kleinen, im Jahre 1833 erbauten, etwa hundert Meter weit westlich von jener gelegenen, magnetischen Häuschen erstreckte, die aber im Winter von 1833 auf 1834 über einige Stangen ausserhalb der Stadt, dann über dieselbe bis zur Höhe des nördlichen Johannis-Thurmes, von da zur Bibliothek und nach dem physikalischen Cabinet weiter geführt wurde. Dieser Leitungsdraht war mit Ausnahme der eingeschalteten Multiplicatoren von Eisen und hatte eine Dicke von 2 bis 3 Millimeter. Die Länge des ganzen Drahtes betrug etwa 8000 Meter.

Hydrogalvanische Wirkungen einfacher Plattenpaare wurden sogleich von einem Endpunkte ausgehend, am Magnetometer des andern Endpunktes sichtbar gemacht, doch trat schon in demselben Jahre 1834 die Induction[1]) an die Stelle des Hydrogalvanismus und so war denn im Wesentlichen der elektromagnetische Telegraph, wie er gegenwärtig mit verschiedenen mechanischen Modificationen allgemein im Gebrauch ist, erfunden. Einzelne Worte, sodann zusammenhängende Sätze wurden zwischen den beiden Endstationen mit vollkommener Sicherheit hin und her tele-

[1]) Diejenige Art der Erzeugung galvanischer Ströme, welche heute bei dem Bell'schen Telephon mit so überraschendem Erfolge zur Anwendung kommt. Uebrigens hat bereits Wilhelm Weber in seiner vor 35 Jahren veröffentlichten Abhandlung „über ein allgemeines Grundgesetz der elektrischen Ströme" die Induction mit Hülfe seines Dynamometers zu „Intensitätsmessungen der Schallschwingungen" benutzt. Vgl. meine „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie" Bd. I. S. 35.

graphirt, einmal in Gegenwart Sr. Königl. Hoheit, des Herzogs von Cambridge, der an der neuen Entdeckung ein besonderes Interesse zu nehmen schien.

In Folge der in Göttingen vollständig gelungenen Versuche erstattete der Professor Ernst Heinrich Weber zu Leipzig im Sommer von 1835 auf Veranlassung des Staatsministers von Lindenau einen Bericht an das Directorium der Leipzig-Dresdner Eisenbahn, worin der Vorschlag gemacht wurde, einen elektromagnetischen Telegraphen zwischen Dresden und Leipzig zu construiren. Nach einem Ueberschlage von Wilhelm Weber würde für eine Doppelleitung von Kupfer ein Draht von 1,6 mm. Durchmesser und von 60 Centner Gewicht zwischen beiden Orten erforderlich sein. Ein Eisendraht müsste dagegen die Dicke von 3,8 mm. und 330 Centner Gewicht haben.

Ernst Heinrich Weber hat schon damals die volle Bedeutung der grossen Erfindung gefühlt und er schliesst seinen Bericht mit den merkwürdigen Worten: „Wenn einst die Erde mit einem Netz von Eisenbahnen mit Telegraphenlinien überzogen sein wird, so wird dieses Netz ähnliche Dienste leisten, als das Nervensystem im menschlichen Körper, theils die Bewegung, theils die Fortpflanzung der Empfindungen und Ideen blitzschnell vermittelnd". Im Jahre 1835 wurde hierauf der Dr. Hülsse von dem Directorio der Eisenbahn hierher geschickt, um sich mit den Göttinger Telegraphischen Einrichtungen näher bekannt zu machen. Nachdem er wieder nach Leipzig zurückgekehrt, richtete Wilhelm Weber einen halbofficiellen Brief aus Göttingen im September 1835 an ihn, dem eine Anlage von Gauss beigelegt war. Aus beiden Belegen, die hoffentlich später im Detail veröffentlicht werden, geht die damalige Einrichtung und Beschaffenheit der elektromagnetischen Telegraphen deutlich hervor. Gauss spricht sich in jenem Papiere folgendermassen aus: „Unsere Art zu telegraphiren geschieht ohne alle hydrogalvanische Stromerregung und beruht auf einer eigenthümlichen Anwendungsart der Induction. Wir transmittiren 8 Buchstaben in einer Minute." Bei einer etwas veränderten Einrichtung, welche von ihm näher beschrieben wird, würde es sich auch möglich machen lassen, 20 Buchstaben in einer Minute zu signalisiren.

Das Directorium jener Eisenbahn fand sich nun hierdurch veranlasst, in Uebereinstimmung mit dem Ausschusse der Gesellschaft auf der zweiten General-Versammlung der Leipzig-Dresdner Eisenbahngesellschaft den 15. Juli 1836 den Antrag zu stellen, den Bau eines elektromagnetischen Telegraphen nach der Gauss-Weber'schen Construction zwischen den beiden Sächsischen Hauptstädten zur Ausführung zu bringen. Da indessen durch zufällige Umstände der damals hohe Cours der Eisenbahnactien sehr beträchtlich fiel und daher das Directorium jede grössere vermeidliche Ausgabe scheuete, so kam der Beschluss, Leipzig und Dresden durch einen Telegraphen zu verbinden, damals nicht zur Ausführung."

Es waren also lediglich materielle Bedenken, d. h. Mangel an den erforderlichen Geldmitteln, verbunden mit

geistiger Kurzsichtigkeit und der bekannten „Entschlussunfähigkeit deutscher Ministerien“,[1]) wodurch unser engeres Vaterland Sachsen für alle Zeiten auf die ihm gebührende Ehre verzichten muss, zwischen seinen beiden Hauptstädten Dresden und Leipzig zuerst diejenige telegraphische Verbindung[2]) hergestellt zu haben, welche heute die ganze Erde mit ihrem Netze umspannt und in ungeahnter Grösse die prophetischen Worte unseres am 26. Januar 1878 entschlafenen Ehrenbürgers Ernst Heinrich Weber zur Wahrheit gemacht hat. Sein treuer, langjähriger Freund Professor Fechner, der als rüstiger und geistesfrischer Greis noch in unserer Mitte weilt, widmete ihm im „Leipziger Tageblatt“ v. 30. Jan. 1878 einen Nekrolog, welcher mit folgenden Worten beginnt:

„Von dem berühmten Kleeblatt Weber ist ein zweites Blatt gefallen, indem am 26. Januar Ernst Heinrich Weber, der älteste der drei Brüder, nach dem schon früher erfolgten Tode des jüngsten (Eduard) aus dem Leben schied. Es war ein langes, fruchtbares, reiches Leben.

[1]) Worte Alexander von Humboldt's in Erinnerung an seine vereitelten Bemühungen, Gauss als Akademiker nach Berlin zu berufen. Vergl. Bruhns, Alex. v. Humboldt. Bd. II. S. 169 ff. Die betreffenden Worte lauten:

„Aber „„Entschlussunfähigkeit charakterisirt deutsche Ministerien““, schrieb er trauernd, als er an die damals gescheiterten Bemühungen zurückdachte. Die spätere, ebenso erfolglose „„vierjährige Berufungsgeschichte 1821—25““ nennt Humboldt „„ekelhaft und rein deutsch““.

[2]) Der Kostenaufwand für diese telegraphische Verbindung zwischen Leipzig und Dresden war nach einer mündlichen Mittheilung W. Weber's auf 6000 Thaler veranschlagt. Zur Uebernahme der Hälfte dieser Summe hatte sich anfänglich die Leipzig-Dresdner Eisenbahn-Compagnie bereit erklärt, aber später aus den oben angedeuteten Gründen dieses Anerbieten wieder zurückgenommen. Hätte daher die Königl. Sächsische Staatsregierung sich herbeigelassen, jene 6000 Thaler für dieses epochemachende Unternehmen zu bewilligen, so wäre hierdurch unserem engeren Vaterlande die Ehre der ersten elektromagnetischen Telegraphenverbindung der Welt gesichert gewesen. —

Die Haupttheile des von W. Weber im Jahre 1845 construirten ersten Exemplars seines Dynamometers hatte mir derselbe vor einigen Jahren zur Aufbewahrung und als Modell zur Construction eines ähnlichen Instrumentes anvertraut. Gegenwärtig befindet sich dasselbe in Folge einer schriftlichen, von Prof. Riecke an mich gerichteten, Aufforderung (d. d. Göttingen, 24. Mai 1881) in der historischen Abtheilung der elektrotechnischen Ausstellung zu Paris.

Das Gedächtniss des Geschiedenen wird nicht blos für seine Zeitgenossen, sondern auch für die Nachwelt unverloren bleiben, denn nur selten zeitigt die Zeit solche Männer, hält aber dafür das Unsterbliche von ihnen fest. Das Wenigste, was man von ihm sagen konnte, obwohl man es von Keinem mehr als von ihm sagen konnte, ist, dass er ein Mann ohne Furcht und Tadel war. . . . .

So wenig Der noch von ihm weiss, der bloss seine wissenschaftlichen Verdienste kennt, ist es doch deren Tragweite ins Weite, worauf sich sein Weltruf gründet, indess der Kern seines Wesens reiche und schöne Sprossen und Blüthen auch im engeren Kreis trieb. Der geniale Wurf, die Erfindungskraft, der Scharfsinn, die Gediegenheit, das exacte Gepräge, die seine Forschungen und Entdeckungen in der Wissenschaft kennzeichnen, waren Eigenschaften, die sich auch in anderen Beziehungen geltend machten; in der Wissenschaft aber hat er vermöge derselben neue Bahnen gebrochen, hat den beim Beginn seiner Thätigkeit in Deutschland fast abgestorbenen Geist exacter Forschung wieder ins Leben rufen und in die rechten Bahnen lenken helfen, hat das Mikroskop aus dem Curiositäten-Cabinet in das Experimentirzimmer übergeführt. Ihm verdankt die Psychophysik die ersten experimentalen Anfänge und den ersten Ausspruch ihres fundamentalsten Gesetzes, das noch heute nach ihm den Namen des Weber'schen führt, wie ein anderes, für das rein physische Gebiet fundamentale Gesetz den gleichen Namen nach seinem Bruder Wilhelm, als dessen Entdecker, führt, so zu sagen ein unvergängliches Denkmal ihrer Brüderlichkeit. . . .

Ernst Heinrich Weber war rüstig an Geist und Körper, hat viele und weite Fussreisen, selbst durch Italien, gemacht, wo er in Neapel bei einer Naturforscherversammlung bei nicht hinreichender Kenntniss der italienischen Sprache das Publicum durch eine lateinische Rede zur Bewunderung hinriss. Er hatte nächst seinen wissenschaftlichen und allgemein menschlichen Interessen auch grosses Interesse an Poesie und Musik, doch nur von classischem Gepräge. Eins charakterisirt ihn als Mann der alten Zeit, der hinter der neueren Zeit zurückgeblieben, er war Naturforscher und glaubte an Gott und Jenseits. Auch dafür aber möge sein Andenken gesegnet bleiben, dass er Das zu vereinigen wusste, worüber die neue Zeit hinausgekommen zu sein scheint."

Auch mir ist das Glück zu Theil geworden, mich zu den Freunden dieses edlen und geistvollen Mannes zählen zu dürfen und ihm bis zu den letzten Tagen durch persönliche Unterhaltung über die verschiedenartigsten Dinge manche trübe Stunde zu kürzen. Rührend war der Ausdruck seiner Freude und Dankbarkeit über meine gemeinsame wissenschaftliche Thätigkeit mit seinem Bruder Wilhelm, von dessen Bedeutung und genialem Scharfsinn er stets mit den Ausdrücken der höchsten Verehrung sprach. Den Weihnachts-Abend des

Jahres 1877 verlebte ich, einer freundlichen Einladung folgend, im Kreise seiner Familie. Das Bild, welches sich mir an jenem Abend darbot: der ehrwürdige Greis umgeben von einer frohen Jugend beim Anblick des im Schmucke der Kerzen prangenden Christbaumes, wie er dann inmitten dieser fröhlichen Umgebung auf seinem Lehnstuhle sitzend, freundlich seine seelenvollen Augen zu mir emporschlug und mit den Worten: „Es ist das letzte Mal, lieber Zöllner!“ meine Hand drückte, — dieses Bild ist unauslöschlich meiner Seele eingeprägt und möge auch Anderen einen Trost gewähren durch den stillen Frieden, mit welchem die Vorsehung die letzten Tage eines edlen und wahrhaftigen Menschen zu verklären vermag.

Wie beschämend aber für unser deutsches Nationalgefühl muss es sein, wenn man die Unkenntniss der tonangebenden Masse des Volkes und der höheren einflussreichen Kreise über die Existenz und Bedeutung der wirklichen Geistesgrössen unserer Nation erwägt. Fünf Jahre, nachdem ich in meinem Buche „über die Natur der Cometen“ einen von Engländern und Juden unterstützten Versuch des Herrn Helmholtz abgewehrt hatte,[1]) die Bedeutung Wilhelm Weber's und seines berühmten elektrischen Grundgesetzes als ein „gefährliches“ und „grosses Unheil stiftendes“ herabzusetzen, sah ich mich am 23. Mai 1876 zu folgender öffentlichen „Berichtigung“ im „Leipziger Tageblatt“ genöthigt, welche beweisen mag, wie nothwendig es ist, das deutsche Volk wiederholt und eindringlich auf die Bedeutung und das leibliche Dasein Wilhelm Weber's aufmerksam zu machen:

„In der Nummer 144 des Tageblattes vom 23. Mai d. J. befindet sich bei Gelegenheit eines Nekrologes unseres um die Wissenschaft so hoch verdienten Mitbürgers, des Geh. Hofrath Dr. W. E. Albrecht, die folgende Bemerkung:

„„Mit Albrecht ist der letzte der Göttinger Sieben, welche den schmachvollen Staatsstreich des Königs Ernst August 1837 nicht anerkannten und deshalb ihr Amt preisgeben mussten, heimgegangen. Vor ihm starben Wilhelm Grimm, Dahlmann, Jacob Grimm, Gervinus, W. Weber und Ewald.““

Wilhelm Weber ist noch nicht heimgegangen, sondern vielmehr literarisch und akademisch noch in rüstiger Thätigkeit.

---

[1]) Vgl. unten S. 800 ff.

Derselbe hält in diesem Semester an der Universität zu Göttingen in gewohnter Weise seine Vorlesungen über Electricität und Magnetismus und erfreut sich hierbei in einem Alter von nahe 72 Jahren noch einer solchen fast jugendlichen Frische des Geistes und Körpers, dass alle Hoffnung vorhanden ist, derselbe werde die Ehre des „„Letzten der Göttinger Sieben"" noch recht lange geniessen.

Bei einem fast täglichen, überaus anregenden Verkehr im vergangenen Semester, welches W. Weber hier bei seinem Bruder, unserem Ehrenbürger E. H. Weber, verlebte, hatte der Unterzeichnete Gelegenheit, sich persönlich von der Richtigkeit der obigen Behauptung zu überzeugen, und glaubt im Sinne aller hiesigen Freunde und Verehrer Wilhelm Weber's zu handeln, wenn er bei der hier so unerwartet und seltsam gebotenen Gelegenheit öffentlich den Wunsch ausspricht, es möge dem Letzten der Göttinger Sieben das Glück beschieden sein, nach einer in wenigen Wochen vollendeten funfzigjährigen, ruhmvollen wissenschaftlichen Laufbahn die Früchte zu ernten, deren Saaten er bescheiden und geräuschlos zum Ruhme des menschlichen Geistes und zur Ehre deutscher Wissenschaft und deutscher Charakterfestigkeit unter uns ausgestreut hat.

Leipzig, 28. Mai 1876. F. Zöllner
Professor a. d. Universität
Leipzig."

Meine Leser werden meine Indignation über die Unkenntniss des anonymen Tageblatt-Referenten begreifen, wenn ich ihnen mittheile, dass ich gerade damals mit Anstrengung aller meiner Kräfte an einer Zusammenstellung sämmtlicher Abhandlungen Wilhelm Weber's arbeitete, welche die fundamentale Bedeutung seines Grundgesetzes für das gesammte Gebiet unserer Naturerkenntniss über jeden Zweifel erheben müssen. Diese Sammlung Weber'scher Abhandlungen nebst Vorrede und Ergänzungen musste bis Mitte August jenes Jahres vollendet sein, wenn meine Absicht, dieselbe Wilhelm Weber zu seinem 50jährigen Doctor-Jubiläum am 26. August 1876 zu überreichen, nicht vereitelt werden sollte.[1])

Wie erwähnt, habe ich bereits in meinem vor 10 Jahren erschienenen Cometenbuche auf die universelle Bedeutung des Weber'schen Gesetzes hingewiesen und hierbei in der Vorrede S. LII. u. A. wörtlich Folgendes bemerkt:

[1]) Vgl. „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie". Bd. I. Leipzig 1876 (W. Engelmann), mit einer Photographie W. Weber's als Titelbild.

„Es wird in der Geschichte der fortschreitenden Erkenntniss der Natur stets eine eigenthümliche, aber bei Wendepunkten in der Entwickelung der Menschheit schon mehrfach beobachtete Ironie darin gefunden werden, dass gerade zu derselben Zeit, wo sich dem menschlichen Geiste das Weber'sche Gesetz als ein Universalgesetz der Natur zu entschleiern beginnt, welches ebensowohl die Bewegungen der Gestirne als auch diejenigen der Elemente der Materie beherrscht, dass, sage ich, zu derselben Zeit Männer auftreten müssen, um die Gültigkeit jenes Gesetzes vom Standpunkte allgemeiner Principien zu bekämpfen. Es fällt ihnen jedoch hierbei nur die weniger dankbare Rolle zu, die Aufmerksamkeit des menschlichen Verstandes auf einen Punkt hinzulenken, wo sich ihm bei ernsterem Nachdenken ein Räthsel enthüllen und gleichzeitig der Angriff als ein unbegründeter erweisen muss. So arbeiten wir alle an demselben Werke und die Natur fördert durch den Kampf widerstrebender Meinungen in wunderbarer Harmonie die Zwecke des fortschreitenden Erkenntnissprocesses auf Erden."

Ich begrüsse es mit aufrichtiger Freude, dass sich diese Ueberzeugung von der universellen Bedeutung des Weber'schen Gesetzes im Laufe des verflossenen Decenniums nicht nur bei Mathematikern und Physikern, sondern auch bei mathematisch-physikalisch gebildeten Physiologen Bahn gebrochen hat, wie dies die folgenden, erst kürzlich veröffentlichten Worte des Professors der Physiologie Adolf Fick[1]) in Würzburg beweisen mögen:

„Die Entdeckung des Gesetzes der Wechselwirkung elektrischer Theilchen aufeinander durch W. Weber dürfte wohl seit Newton der bedeutendste Fortschritt der Naturerkenntniss sein, denn sehr wahrscheinlich haben wir, wie schon Weber ausgesprochen hat, in diesem Gesetze das allgemeine Grundgesetz des Aufeinanderwirkens von Massen überhaupt vor Augen."[1])

Nicht nur Wilhelm Weber hat die Begründung seiner materiellen Existenz durch die Berufung nach Göttingen Alexander von Humboldt zu verdanken, sondern auch seinem Freunde Gauss wurde lediglich durch die von Humboldt lebhaft aber vergeblich betriebene Berufung nach Berlin eine Gehaltserhöhung zu Theil, welche es ihm möglich machte, in seinem engeren Vaterlande Hannover zu verbleiben.

[1]) „Versuch einer physischen Deutung der kritischen Geschwindigkeit in Weber's Gesetz" von Dr. Ad. Fick, Professor der Physiologie an der Universität zu Würzburg. Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg. (Sitzungsberichte) N. F. Bd. XVI.

„Es wird in der Geschichte der fortschreitenden Erkenntniss der

Nach einer Photographie Stich u. Druck v. Aug. Hager in Leipzig

Carl Friedrich Gauss.

auf dem Todtenbette am 23. Februar 1855.

„Es giebt Fragen auf deren Beantwortung ich einen unendlich viel höheren Werth legen würde als auf die mathematischen z. B. über Ethik, über unser Verhältniss zu Gott, über unsere Bestimmung und über unsere Zukunft; ... Es ist mir gleichgültig ob der Saturn fünf oder sieben Monde hat, – es giebt etwas Höheres in der Welt. Ob die Seele 80 Jahre oder 80 Millionen Jahre lebt, wenn sie ein Mal untergehen soll, so ist dieser Zeitraum doch nur eine Galgenfrist. Endlich würde es vorbei sein müssen. Man wird daher zu der Ansicht gedrängt, für die ohne eine streng wissenschaftliche Begründung so Vieles andere spricht, daſs neben dieser materiellen Welt noch eine zweite rein geistige Weltordnung existirt, mit ebenso viel Mannigfaltigkeiten als die, in der wir leben – ihr sollen wir theilhaftig werden."

C. F. Gauſs.

Alexander von Humboldt war auf's Tiefste über diesen Misserfolg seiner vierjährigen Bemühungen, Gauss für die Berliner Universität zu gewinnen, indignirt. Er nennt diese „vierjährige Berufungsgeschichte ekelhaft und rein deutsch“[1]) und macht seinem Missmuth in folgenden Worten[2]) Luft:

„Welch ein Ministerium in dem Sitze der Intelligenz, mir permanent Scham und Ekel erregend.“ „Sonderbar, dass man so selten auf die Minister schiesst und auf die Cabinetsräthe.“

„Schäm Dy Berlin, Dy hebb' ick satt,
Du bist und blyfst 'ne Barenstadt.“

Ich glaube Humboldt thut seinen Landsleuten Unrecht, wenn er eine solche Behandlung wirklich genialer und für den Fortschritt der menschlichen Cultur verdienter Männer von Seiten der Minister „rein deutsch“ nennt. Zur Begründung meiner Behauptung erlaube ich mir hier die folgenden Worte über Newton anzuführen, welche sich in der deutschen Ausgabe von Whewell's „Geschichte der inductiven Wissenschaften“ (Bd. II. S. 162) befinden und beweisen werden, das englische Minister nicht besser als deutsche sind:

„Newton bekleidete die Stelle eines Professors der Mathematik zu Cambridge von den Jahren 1669, wo ihm sein Vorgänger Barrow diese Stelle freiwillig abtrat, bis zu 1695, volle 26 Jahre, ohne eine Erhöhung seiner anfänglichen Besoldung zu erhalten. Dies veranlasste ihn oft zu Klagen an seine Freunde über die Einschränkungen, denen er sich unterziehen müsse, um seinen andern wissenschaftlichen Bedürfnissen, dem Ankauf von Büchern und Instrumenten u. dgl. genügen zu können. Er sah so viele seiner früheren Kollegen zu einträglichen Aemtern gelangt oder mit Ehrenstellen überhäuft, während er selbst nicht von der Stelle rückte und selbst für die Zukunft keine Hoffnung dazu hatte. Man pries ihn und seine grossen Entdeckungen und überliess ihn dabei seinem Schicksale. Seine Freunde hatten mehrere Versuche gemacht, seiner Lage durch die Anerkennung der Regierung abzuhelfen, aber vergebens. Dies erregte in seinem Innern eine stille Wehmuth, die er, in den späteren Jahren besonders, nicht immer zurückhalten konnte. Aus den Briefen seiner Freunde erhellt, dass eine Verbesserung seiner häuslichen Lage oft der Gegenstand seines Gespräches mit ihnen gewesen ist. Auf seine dem Gouvernement eingereichte

[1]) Vgl. „Bruhns, Humboldt und Gauss“ von A. Dove in der Zeitschrift „Im neuen Reich“ 1877 No. 20.

[2]) Vgl. Bruhns, Alexander von Humboldt. Bd. II. S. 353, 307 u. 113.

Bitte wurde ihm durch eine *Order of Council* vom 28. Januar 1675 die gewöhnliche Personalsteuer, von einem Schilling die Woche, aus Rücksicht auf seine Dürftigkeit, erlassen. Er schien vorzüglich von Lord Montague, seinem ehemaligen Schüler und nun einem der ersten Staatsmänner des Landes, Abhülfe zu erwarten. Als aber auch diese Hoffnung sich immer weiter hinauszog, schrieb er am 26. Januar 1692 an seinen Freund, den berühmten Philosophen Locke:

„„Der Lord scheint wegen einer Sache, die ich längst vergessen habe, auf mich böse zu sein. Auch gut, ich lasse ihn gehen, und sitze hier still und warte — bin auch nicht gemeint, weder ihm noch irgend Jemand mit Bitten beschwerlich zu fallen. Ich sehe es, meine Sache ist, stille zu sitzen.““

Diese Aeusserungen beziehen sich auf eine Zulage seines Gehaltes, um die er mehrere Jahre vergebens sollicitirt hatte. Ganz Europa war seines Lobes voll, und seine Landsleute priesen ihn als den Stolz Englands, ja wie später sein Epitaph sagte, als „Zierde des Menschengeschlechtes“ *(generis humani decus)*. Aber der so hoch gepriesene Mann war und blieb zugleich ein armer Mann. Ein solches Verkennen dieses ausserordentlichen Geistes, sagt Sir David Brewster, war nur in England möglich, wo die *successive governments, which preside over the destinies of the country, have never been able either to feel or to recognize the true nobility of genius,* was uns in Beziehung auf England viel zu hart ausgedrückt, und in Beziehung auf andere Länder viel zu wenig Kenntniss zu verrathen scheint.“

Wie man sieht, vertheidigt hier der deutsche Herausgeber des oben erwähnten Werkes (J. J. v. Littrow) die englische Nation gegen den Vorwurf, dass nur ihr, in Folge des parlamentarischen Wechsels der Regierung, die praktische Geringschätzung genialer und bescheidener Männer eigenthümlich sei, fast mit denselben Worten, wie ich oben die deutsche Nation gegen die Vorwürfe Alexander von Humboldt's vertheidigt habe, es sei „die vierjährige Berufungsgeschichte von Gauss nach Berlin ekelhaft und rein deutsch“.

Ohne diese Verwahrgung gegen einseitige Beurtheilung von Nationalfehlern würde sich vielleicht ein späterer Biograph Wilhelm Weber's, als unseres deutschen Newton, für berechtigt halten, es für „rein deutsch“ zu erklären, dass eine deutsche Regierung trotz meiner lebhaften Befürwortung keine Mittel zur Verfügung hatte, um ein für die Elektrodynamik fundamentales Problem in Gemeinschaft mit Wilhelm Weber zum endgültigen Abschluss zu bringen.

mit Wilhelm Weber zum endgültigen

Stich u. Druck v. A. Weger. Leipzig

Js. Newton

"hypothesis non fingo"

1694

Original in der Popysian Collection zu Cambridge

In der That, nichts wird die kommende Generation von Physikern und Naturforschern mehr über den illusorischen Werth der glänzenden Institute und ihrer Dotationen für eine wirkliche Förderung der Wissenschaft aufklären, als die Thatsache, dass die Mittel zu der erwähnten Arbeit[1]) aus der „Göttinger Stiftung" bestritten werden mussten, welche Wilhelm Weber selber vor 37 Jahren aus Geldmitteln begründet hatte, die durch öffentliche Sammlung im Betrage von 1400 Thaler auf ihn, als einen der vertriebenen „Göttinger Sieben", entfallen waren.[2])

Diese Thatsache, in Verbindung mit der mir von meinen Collegen zu Theil gewordenen Behandlung (vgl. S. 772) wird für den künftigen Verfasser einer Culturgeschichte Deutschlands noch dadurch besonders an Interesse gewinnen, dass sie in eine Zeit fällt, wo der abgebrannte aber versicherte, alte Professor Mommsen durch öffentliche Mildthätigkeit von Juden und Judengenossen in kürzester Zeit ein Capital von 180000 Mark sammeln konnte, wo ferner die Preussische Regierung, gestützt auf das „wissenschaftliche" Gutachten desselben „berühmten" Professors Mommsen, 60000 Mark für gefälschte Moabitische Alterthümer[3]) ausgiebt, und auf Grund eines „kunstwissenschaftlichen" Gutachtens, u. A. des Herrn Dr. Julius Meyer, Directors der Gemäldegalerie der Königl. Museen zu Berlin, ein angeblich von Rubens gemaltes Bild, „Neptun und Amphitrite", für 200000 Mark erworben hat, dessen Echtheit jedoch auf das Entschiedenste von dem Director der Königl. Preussischen Kunstakademie Anton von Werner[4]) bestritten wird.

---

[1]) Vgl. S. 443. Dass mein Verdienst bei dem Zustandekommen der erwähnten Arbeit nur ein untergeordnetes ist, brauche ich Sachkennern gegenüber nicht besonders zu erklären. Dagegen halte ich mich für verpflichtet, der thatkräftigen und umsichtigen Unterstützung von Professor Heinrich Weber am Polytechnikum in Braunschweig, eines Neffen W. Weber's, dankend Erwähnung zu thun.

[2]) Vgl. Ausführlicheres S. 778.

[3]) Vgl. „Die Moabitica" von Moritz Busch in den „Grenzboten" 1876. No 16.

[4]) Vgl. „Kunstgelehrte contra Künstler von Anton v. Werner" in der „Gegenwart" (7. Mai 1881. No. 19).

Wie glücklich wären Newton, Gauss und Wilhelm Weber gewesen, hätten sie auch nur einen Theil jener zur „Förderung der Kunst und Wissenschaft“ gesammelten und „von Staatswegen“ verausgabten Gelder besessen, als sie ihre epochemachenden Entdeckungen practisch zur Anwendung zu bringen in der Lage waren. Wie gern würde ich selber, im Besitze des Mommsen'schen Judenschatzes, der wohlwollenden Aufforderung des Cultusministers von Gerber entsprochen haben, freiwillig mein Amt niederzulegen (vgl. S. 758), während mich vorläufig noch materielle Rücksichten gegen hülfsbedürftige Geschwister und moralische Pflichten zur Vertheidigung der Ehre und Freiheit der deutschen Universitäten gegen antinational-illiberale Juden und Judengenossen davon zurückhalten, stets bereit, auch Ministern gegenüber einer Gewohnheit nicht zu entsagen, welche König Johann dem Volke gegenüber in folgenden Worten ausgesprochen hat:

„Ich bin gewohnt, so viel mir auch an dem Beifall des Volkes gelegen, einem höheren Auge, welches auf meine Ueberzeugung schaut, zu folgen und lieber mein Gewissen zu verwahren, als um die Gunst des Volkes zu buhlen.“ [1])

Ich fragte einst Wilhelm Weber, weshalb Gauss nicht gleichfalls bei Aufhebung der Constitution in Hannover sein Amt niedergelegt habe. Mir wurde die Antwort zu Theil, dass Letzterer zwar vollkommen die Handlungsweise seiner sieben jüngeren Collegen gebilligt, sich selber aber, in einem Alter von 60 Jahren, im Hinblick auf seine durch jenen Schritt in Frage gestellte materielle Existenz der Wissenschaft gegenüber in höherem Maasse verpflichtet gehalten habe als der politischen Moral. Bei einer solchen Collision der Pflichten ist stets das eigene Gewissen der höchste Richter, dem gegenüber es keine Appellation an eine höhere Instanz giebt. In der That fühlte sich Gauss der grossen Welt gegenüber vereinsamt, einem Priester vergleichbar, der in den Stürmen und Umwälzungen der damaligen Zeit einen glimmenden Funken menschlicher Cultur vor dem Verlöschen zu schützen hatte, damit dereinst die Nachwelt an ihm von

[1]) Vgl. Johann, König v. Sachsen. Ein Charakterbild von Dr. J. P. v. Falkenstein. S. 113.

Neuem die Fackel einer höheren Erkenntniss entzünden könne. Sartorius von Waltershausen sagt S. 94 a. a. O.:

„Gauss war eine aristokratische, durch und durch conservative Natur und würde ein absolutes, aber von hoher Intelligenz geführtes Regiment jedem andern vorgezogen haben. Pöbelherrschaft in Verbindung mit Gewaltthaten und besonders die blutbefleckten Pariser Blusenmänner vom Jahre 1848 erregten in ihm einen nicht zu beschreibenden Abscheu. Von der Intelligenz und Moral der grossen Menge hatte er nur einen sehr geringen Begriff und hat dieses namentlich in Bezug auf politische, religiöse und wissenschaftliche Dinge oft ausgesprochen. *Mundus vult decipi* pflegte er zu sagen, und darum verfolgte er auch Agitatoren und Wühler mit dem Auge des Misstrauens, mit einem beständigen Falkenblick. Von unsern constitutionellen Regierungssystemen hatte er nur eine sehr geringe Meinung, und er war unablässig bemüht, unsern parlamentarischen Grössen entweder logische Fehler oder Mangel an Sachkenntniss nachzuweisen, was ihm denn auch öfter gelungen ist."

Mit welchen Empfindungen würde ein Mann von solchen Gesinnungen und Charaktereigenschaften erfüllt werden, wenn er heute noch lebte und Männer wie Mommsen und Virchow als seine Collegen betrachten müsste!

Ich habe oben an einigen Beispielen gezeigt, dass in materieller Beziehung die Behandlung bedeutender Männer während ihres Lebens von Seiten der Regierungen seit 200 Jahren in England wie in Deutschland so ziemlich dieselbe gewesen ist. Ein Unterschied zu Ungunsten Deutschlands stellt sich jedoch heraus, wenn wir beide Nationen in ihrem Verhalten zu ihren grossen Todten vergleichen.

Newton wurde am 25. December 1642 zu Woolsthorpe, einem kleinen Dorfe in Lincolnshire, von ganz armen Eltern geboren. Trotzdem starb er als reicher Mann in einem Alter von 85 Jahren am 20. März 1727, indem er ein Vermögen von 32000 Pfund Sterling (über 640000 Mark) hinterliess, welches, da er nicht verheirathet war, unter seinen drei Geschwistern zur Vertheilung kam. Dass aber Newton in den Besitz dieses Vermögens nicht durch Gehaltszulagen von Staatswegen in Anerkennung seiner Verdienste um die Ehre und den Ruhm seines Vaterlandes gekommen ist, in ähnlicher Weise wie ein preussischer General nach siegreich vollendetem Feldzuge durch eine Dotation von Staatswegen, das ist bereits oben (S. XX) erwähnt. Es scheint vielmehr schon

damals der neuerdings von Disraeli in seinem letzten Roman „Endymion“[1]) so stark betonte Einfluss schöner Frauen auf die öffentliche Laufbahn der Engländer gewesen zu sein, welchem Newton eine so unerwartete Wendung seiner äusseren

[1]) Herr Dr. David Asher (vgl. S. 776) bemerkt in der „Illustrirten Zeitung“ v. 11. December 1880 in einem Aufsatz „Lord Beaconsfield's neuester Roman“ wörtlich Folgendes:

„Trotzdem sein Vater, Isaac Disraeli, ein angesehener und wohlhabender Schriftsteller war, dessen „„*Curiosities of Literature*““ und „„*Amenities of Literature*““ zu den besten Werken (??) der englischen Literatur zählen, hatte der mit ihm in seinem 13. Lebensjahre zum Christenthume übergetretene Sohn Benjamin, der später in einer Rechtsanwaltsexpedition als Rechtsbeflissener arbeitete, dennoch einen schwierigen Standpunkt und musste sich seine Stellung in der politischen Welt mit Mühe erkämpfen. Der Gesinnung nach ist er, wie schon erwähnt, seinem Stamme treu geblieben; er war stolz auf seine jüdische Herkunft, hielt seine Ahnenschaft für edler als die englische Aristokratie und trat in mehreren seiner Romane, besonders in „„*Coningsby*““ und „„*Tancred*““, in freilich nur zu überschwenglicher, phantastischer Weise für die Semiten ein. . . . .

Die Handlung (im Endymion) ist, wie gesagt, sehr unbedeutend und reine Nebensache. Endymion Ferrars ist der begabte Sohn eines Staatsmannes, der mehrfache hohe Aemter bekleidet hat, in seinem Schmerz um den Verlust seiner Gattin sich entleibt und sein Zwillingspaar, unsern Helden nebst seiner Schwester Myra, einer vollkommenen Schönheit, in dürftigen Verhältnissen hinterlässt. . . Myra hat nur ein Ziel vor Augen, die Beförderung des Fortkommens ihres geliebten Bruders und die Wiederherstellung der Vermögensverhältnisse des Zwillingspaares. Es gelingt ihr beides durch ihre fesselnde Schönheit und Liebenswürdigkeit. Der für Lord Palmerston, wie man glaubt, geltende Lord Roehampton, der Premierminister Englands, wirbt um ihre Hand, und sie schenkt sie dem zwar viel älteren, doch ihr Herz gewinnenden und hochgestellten Mann und ist so in der Lage, ihres Bruders Glück zu fördern. Er wird Parlamentsmitglied und erlangt bald ein höheres Amt. . . .

Wie Disraeli selbst, so wird sein Held Endymion übrigens auch von einer reichen Dame, hier Lady Montfort, mit einer ansehnlichen Summe bedacht, die ihn in den Stand setzt, sich um einen Sitz im Parlament zu bewerben. . . . . Leider konnte er sich's nicht versagen, da, wo er seinen Prinzen Florestan seine Ansichten über die lateinische Rasse aussprechen lässt, sein altes Steckenpferd zu reiten und seine Phantasterei über die semitische Rasse vorzubringen. Im jetzigen Augenblick wird diese Uebertreibung seinerseits, oder vielmehr diese von den Thatsachen vollständig Lügen gestrafte Behauptung, es habe

Lebensverhältnisse zu danken hatte. Denn im Anschluss an die oben erwähnte Klage Sir David Brewster's über die Unfähigkeit der englischen Minister, den wirklichen Genius seinen Verdiensten entsprechend zu schätzen, fährt der Biograph a. a. O. wörtlich wie folgt fort:

„Als Lord Montague, später Earl of Halifax, im Jahre 1644 Kanzler der Schatzkammer wurde, liess er zur Regulirung des Münzwesens Newton nach London kommen. Newton machte diese Reise in Begleitung seiner Nichte, der Miss Katharina Barton, die jung, schön und immer fröhlich war, und die, obschon sie der Rüge ihrer strengen Zeitgenossen nicht entgehen konnte, doch von allen, die sie näher kannten, als eine Dame von tadelloser Ehre betrachtet wurde. Glücklicherweise wurde gleich nach Newton's Ankunft in der Hauptstadt die Stelle des königl. Münzwardeins erledigt, und der Lord ersuchte daher den König, sie seinem Freunde Newton mit 6000 Pfund Sterling jährlichen Gehaltes zu übergeben. Drei Jahre später erhielt er das Vorsteheramt (Mastership) der Königl. Münze mit 15000 Pfund St. Gehalt, welches Amt er auch bis an seinen Tod behielt. Der Lord verlor bald darauf seine Gemahlin durch den Tod und schenkte seitdem der Miss Barton seine ganze Gewogenheit. Wie viel Einfluss diese Verbindung auf das Schicksal Newton's hatte, möchte jetzt schwer zu bestimmen sein. Lord Montague starb im Jahre 1715, nachdem er auf seinem Todtenbette der Miss einen grossen Theil seines Vermögens verschrieben hatte. *The persecuted science of England,* setzt Brewster, der Biograph seines grossen Landsmannes, hinzu, *will continue to deplore, that he was the first and the last English minister, who honored genius by his friendship and rewarded it by his patronage.* . . . .

Am 15. März 1727 Abends 7 Uhr verlor Newton sein Bewusstsein und verblieb in diesem Zustande, bis er am 20. März 1727 im 85. Jahre seines Alters verschied.

Seine nach London gebrachte Leiche wurde in der Jerusalems-Kapelle feierlich ausgesetzt und dann nach der Westminsterabtei gebracht, wo sie nahe bei dem Eingange in das Thor zur linken Seite beigesetzt wurde. An seinem Begräbnisstage wurde sein Leichentuch von dem Lord-Kanzler, von den Herzogen von Roxbourgh und Montrose, und von den Grafen Pembrocke, Sussex und Macclesfield getragen, die sämmtlich Mitglieder der Königl. Akademie waren. Den Leichenzug selbst führte der

---

sich diese Rasse längst in die europäische Diplomatie eingeschlichen und sich fast angeeignet, den Antisemiten sehr willkommen sein. . . . . Wie viel Berechtigung und Wahrscheinlichkeit an der daran geknüpften Prophezeihung liegen, es werden die Juden in 25 Jahren die Regierung offen beanspruchen, kann man hiernach bemessen."

Dr. David Asher.
(Ein ungetaufter Jude.)

Bischof von Rochester in Begleitung der ganzen ihm zugeordneten Geistlichkeit. Sein hinterlassenes Vermögen betrug 32000 Pfund Sterling und es wurde unter seinen drei Geschwistern, aus der zweiten Ehe seiner Mutter, vertheilt.

Sein Geburtshäuschen zu Woolsthorpe wird jetzt von einem gewissen Woberton bewohnt. In Newton's Geburtsstube ist eine Marmortafel in der Wand befestigt mit der Grabschrift, die Pope auf Newton verfasst hatte:

Nature and Nature's laws lay hid in night;
God said: „„Let Newton be"", and all was Light.

Die in Cambridge von ihm bewohnten Zimmer sind durch Tradition bekannt geblieben. In dem *Trinity-Collegium* dieser Stadt zeigt man noch Newton's Globus, eine von ihm verfertigte Ringsonnenuhr, einen Kompass und eine Locke von seinem Silberhaare, die gleich einer Reliquie unter einer gläsernen Glocke verwahrt wird."

Mir wurden unter freundlicher Begleitung des Hrn. Dr. Huggins bei meiner letzten Anwesenheit in London im Jahre 1875 in den Räumen der *Royal Society* ähnliche Reliquien von Newton nebst Manuscripten seiner berühmten *Principia philosophiae naturalis mathematica* gezeigt.

So also ehrt die englische Nation das Andenken ihrer grossen Männer wenigstens im Tode! Mögen die folgenden Beispiele zeigen, was in dieser Beziehung die deutsche Nation noch von der englischen zu lernen hat.

Es ist bekannt, dass Johann Kepler (1571—1631) einer der grössten und genialsten deutschen Männer aller Zeiten (vgl. S. 692 ff), Zeit seines Lebens mit Noth und Sorge zu kämpfen hatte, so dass der Göttinger Mathematiker Professor Kästner, welcher im 4. Bande seiner Geschichte der Mathematik (S. 216—387) eine grosse Menge schätzbarer Nachrichten über Kepler gesammelt hat, sich veranlasst fühlte, das folgende Epigramm zu verfassen:

„So hoch war noch kein Sterblicher gestiegen
Als Kepler stieg! und starb den Hungertod!
Er wusste nur die Geister zu vergnügen,
Drum liessen ihn die Körper ohne Brod!"

Ueber die Schicksale und letzten Lebensjahre Kepler's berichtet J. J. v. Littrow in der deutschen Ausgabe von Whewell's „Geschichte der inductiven Wissenschaften" (Bd. I. S. 413) wörtlich Folgendes:

Vil dat, gaad nytiet ed!
Jo: Kepler

Original in Straßburg e.E.

S. 415) Wörtlich Folgendes.

Nil dat, quod nihil est!

Jo: Kepler

1600.

„Pene experimentis propriis nihil statuo. Non desperare! Nihil a Deo temere institutum — Scripsi haec homo Germanus, more et libertate germanica, quae quo major est, hoc plus fidei conciliat ingenuitati philosophantium."

J. Keplers Harmonice mundi

Original in Strassburg i. E.

„Durch Tycho's Protection erhielt er in Prag die Stelle eines kaiserlichen Mathematikers, allein da ihm in den dem dreissigjährigen Kriege vorausgehenden Bedrängnissen seine Besoldung nicht ausgezahlt wurde, ging er, nach einem 11jährigen dürftigen Aufenthalte in Prag, im Jahre 1610 nach Linz als Professor der Mathematik, wo er neue 15 Jahre in nicht weniger drückenden Verhältnissen zubrachte. Im Jahre 1625 trat er in die Dienste eines Privatmannes zu Ulm, wo er sich mit Zeichnungen von Landkarten u. dgl. m. beschäftigte, und weil ihm auch hier die eingegangenen Bedingnisse nicht erfüllt wurden, so ging er 1628 in Wallenstein's Dienste, der ihm eine Professorsstelle an der Universität zu Rostock, über die er das Patronatsrecht hatte, verlieh. Da ihm aber auch hier seine Besoldung nicht ausgezahlt wurde, reiste er zu dem Reichstage nach Regensburg, um hier die Auszahlung seiner immer noch rückständigen Pension zu erbetteln. Bald nach seiner Ankunft in Regensburg verfiel er, in Folge der Anstrengungen seiner Reise und des ihn überall begleitenden Kummers, in eine Krankheit und starb am 15. November 1631 in seinem 60. Lebensjahre. —

Der Fürst Primas von Dalberg liess ihm im Jahre 1808 in Regensburg ein Monument von Backsteinen durch Subscription setzen. Aber sein wahres Denkmal ist mit Flammenschrift an dem gestirnten Himmel eingetragen, wo es seine dankbaren Landsleute, wenn sie diese Schrift verstehen, lesen können, und wo sie andere auch dann noch lesen werden, wenn von ihnen selbst wahrscheinlich längst keine Rede sein wird."

Im Anschluss an die vorstehenden Worte J. J. v. Littrow's über die irdischen Geschicke Kepler's mögen hier die folgenden Worte von Professor Edmund Reitlinger[1]) meine Landsleute daran erinnern, welchen Genius die deutsche Nation in Kepler zu verehren hat:

„Zu den Lieblingshelden des deutschen Volkes, zu den Heroen der Menschheit, zählt ganz hervorragend Johannes Kepler, der Vater der neueren Himmelskunde, der edle Märtyrer seines Glaubens, der hochherzige, unerschrockene Vorkämpfer für wahre freie Wissenschaft.

Wenngleich bei Lebzeiten vielfach verkannt, gedrückt und verfolgt, von Schicksalen aller Art betroffen, ja sogar nicht selten, nebst seinen

[1]) „Johannes Kepler. Vier Bücher in drei Theilen. Von Dr. Edmund Reitlinger, k. k. Professor am Polytechnikum in Wien, unter Mitwirkung von C. W. Neumann, k. bayer. Hauptmann in Regensburg und dem Herausgeber C. Gruner., k. württ. Ober-Justiz-Revisor in Ulm, Geschäftsführer beim Kepler-Denkmal. — Mit vielen Illustrationen. Erster Theil. Druck und Commissions-Verlag von Carl Grüninger in Stuttgart. 1868." —

Soweit mir bekannt, ist die Fortsetzung dieses Werkes nicht erschienen.

Lieben, dem Mangel und der Entbehrung preisgegeben, so dass sich die bekannte Sage von seinem „„Hungertode““ zu bilden und fast bis in unsere Tage herein unbedingten Glauben zu verschaffen vermochte, sollte der herrliche deutsche Mann doch noch vor seinem Heimgange die glänzende Genugthuung erfahren, als eine leuchtende Erscheinung, als der Stolz seiner Nation, an dem Ehrentage seines ältesten Kindes, sich vor Aller Augen geehrt und gefeiert sehen.

Als nämlich am 22. März 1630 seine Tochter Susanna, der Schrecken des dreissigjährigen Krieges wegen, viele Meilen vom Vater entfernt, in Strassburg, „„mit Herrn Dr. Jacobus Bartsch, rühmlichen Angedenkens, ihr hochzeitliches Freudenfest beging und in feierlichem Zuge zum Traualtar wallte, unter Theilnahme““ — wie Mathias Bernegger, der treueste Freund Kepler's, als Augenzeuge diesem nach Sagan schreibt — „„der auserlesensten Männer aller Stände, ja geradezu der Blüthe der ganzen Reichsstadt, so waren allerwärts die Strassen von einer Menschenmenge gefüllt, wie sie noch nicht leicht gesehen worden““. „„Glaube nicht““, sagt Bernegger weiter, „„diese Ehre habe nur Braut und Bräutigam gegolten — Dir vor Allem, Dir allein galt sie. In Deinen Verwandten als Ebenbildern, in Deiner Tochter, die wie der Mond unter kleinen Gestirnen leuchtete, in Deinem Bruder Christoph, Deiner Schwester Margaretha und Deinem Sohne Ludwig, welche die Leute einander durch Winken und Fingerdeuten zeigten, staunten wir Dich an.““

In solch erhebender Weise sah also Kepler vor seinem nicht lange darauf erfolgten einsamen Dahinscheiden den Zauberklang seines Namens tief im Herzen des deutschen Volkes wurzeln!

Nur die Sündfluth des dreissigjährigen Krieges vermochte Eindrücke, die, wie Kepler's Wirken, für Ewigkeiten geschaffen waren, wieder derart abzuschwächen, dass die Erinnerungsplätze seines Lebens und Leidens, die Art und der Ort seines Heimganges, seine letzte Ruhestätte und sein Grabmal dem Gedächtnisse späterer Geschlechter gänzlich entschwinden konnten! — . . . .

„Das „„Jahrhundert der Denkmäler und Ehrenrettungen““, dem sogar manch' zweifelhafte Grösse ein schimmerndes Lorbeerblättlein zu verdanken hat, musste daher um so mehr bemüht sein, die Manen Kepler's, des Stolzes aller Zeiten, durch ein grossartiges, weithin leuchtendes Dankopfer endlich bleibend zu versöhnen. Dieses Dankopfer aber, in Gestalt eines herrlichen majestätischen Denkmals, konnte selbstverständlich nirgends passender, als an dem Orte seiner Geburt: zu Weilderstadt in Württemberg dargebracht werden.

Eine kurze Erwähnung der zu diesem Behufe seit Jahren eingeleiteten, so erfolgreichen Schritte dürfte nun hier um so mehr am Platze sein, als mir gerade durch sie der Anlass zur Herausgabe dieses Buches gegeben worden ist.

Schon zu Anfang des Jahres 1850 war von der Stadt Weil der Gedanke erfasst worden, die unermesslichen Verdienste Kepler's, ihres

grössten Sohnes, unter Mithilfe der zahlreichen Verehrer des grossen Mannes in aller Welt, durch Aufstellung eines würdigen Denkmals unweit seiner Geburtsstätte zu ehren. Ein Comité wurde zur Verwirklichung dieser schönen Idee gewählt, und etwa 10 Jahre dauerte und — siechte das Wirken für dieselbe, meist in Folge der Ungunst jener Zeiten. Dann aber 1860—61 wurde die Sache frisch aufgenommen; das neuorganisirte Comité, dessen Führer zu werden mir die Ehre zukam, begann die Sammlungen nach umfassendem Plan, und hatte nach 3—4jährigem energischen Bemühen die Freude und Genugthuung, eine Summe von etwa 22,000 fl. eingebracht zu sehen. Freilich bedurfte es nicht geringer Anstrengungen, wohin gerechnet werden darf: die Ausfertigung und Versendung von etwa 3300 speziellen Eingaben und Gesuchen an Souveraine, Angehörige des Adels, Würdenträger der Kirche, gelehrte Klöster, Ständekammern, Sternwarten, Akademien, Universitäten, polytechnische und technische Anstalten, gelehrte Vereine und Gesellschaften, Corporationen, Städte, Turnvereine und viele hervorragende Privaten; ferner von etwa 10,000 öffentlichen Aufrufen, Prospecten, kleinen Biographien und der Correspondenz in mehr als 60 deutsche Zeitungen. Die Schwierigkeiten, ein Denkmal zur Verherrlichung des vor bald 300 Jahren aufgetretenen grossen Weltgelehrten zu Stande zu bringen, waren um so bedeutender, als zu gleicher Zeit allwärts derartige Bestrebungen zu Ehren von Männern der jüngsten Vergangenheit und Gegenwart Statt fanden, die dem Volke näher standen oder bekannter waren, wie Schiller, Uhland, Kerner u. A. —

Und bereits harrt das fertige hohe Piedestal in kunstreicher Architektur auf dem schönen Marktplatz der Geburtsstadt Weil seiner demnächstigen Krönung durch die im Guss von Lenz-Heroldt in Nürnberg so prächtig gelungene, von der kunstfertigen Hand des Directors von Kreling daselbst modellirte kolossale Figur Kepler's mit ihren 4 Seitenstatuen, Reliefs und anderen sinnigen Verzierungen."

Im Jahre 1871 versammelte sich die „Astronomische Gesellschaft" in Stuttgart und machte am 16. September einen Ausflug nach Weil der Stadt, um das dort errichtete prachtvolle Kepler-Denkmal[1]) zu besichtigen und sich bei dem Festmahl im „Gasthaus zur Post" in begeisterten Reden des grössten Astronomen Deutschlands zu erinnern.

Am 4. October 1871 erhielt ich folgendes Schreiben aus Weil der Stadt:

Hochwohlgeborener Hochzuverehrender Herr!

Aufgemuntert durch unser sehr verehrtes Comitémitglied, den Herrn Oberstudienrath Dr. v. Frisch, erlauben wir uns auch Ihnen eine ehrerbietige Anfrage vorzulegen.

[1]) Vgl. unten S. 696.

Der dermalige Besitzer des Kepler-Hauses hat sich nach Ihrem für die Geburtsstadt Kepler's denkwürdigen und ehrenvollen Besuche mit Ihren verehrten Herren Collegen bei Herrn Oberstudienrath v. Frisch darüber Erkundigung einzuziehen erlaubt, ob es nicht etwa anmassend erscheine, wenn vom Comité behufs der käuflichen Erwerbung des Kepler'schen Geburtshauses zu Errichtung eines Museums eine neue Collekte eröffnet werden wollte, worauf ihm Herr Dr. v. Frisch zur Antwort gab, dass es gewiss traurig wäre, wenn das Geburtshaus unseres grossen Landsmannes in unrechte Hände käme, er glaube, dass es des Versuches werth wäre, und wobei er gerne bereit sei, seine Kräfte dazu anzubieten; dabei macht Herr Dr. v. Frisch dem Comité den Vorschlag, die verehrtesten Herren Astronomen ebenfalls hievon zu benachrichtigen und Sie um Ihre gütige Ansicht hierüber zu bitten.

Indem sich nun das unterzeichnete Comité erlaubt, diese Bitte auch Ihnen Hochzuverehrender Herr zu unterbreiten, sind wir hiebei zu bemerken so frei, dass der Besitzer des Kepler-Hauses den Preis für dasselbe auf 3000 fl. stellt, welche Summe demselben schon einmal geboten war.

Euer Hochwohlgeboren um hochgefällige Mittheilung Ihrer resp. Ansicht bittend, haben wir die Ehre mit ausgezeichneter Hochachtung zu verharren

Weilderstadt am 3. Oktbr. 1871.

Kepler-Comité.

Der Vorstand Dr. Stotz. Dr. Holz, Postmeister. Carl Schütz. A. Luty. J. H. Koch. Stadtvorstand und Secretär Beyerle.

Meine Antwort an Herrn Dr. Stotz lautete wie folgt:

Leipzig, d. 25. Oct. 71.

Hochverehrter Herr Doctor!

In Erwiderung Ihrer geehrten Zuschrift vom 3. d. erlaube ich mir, Ihnen meine volle Zustimmung zu dem beabsichtigten Ankauf des Kepler-Hauses in Weil der Stadt hierdurch auszusprechen. Die Art und Weise, wie die erforderliche Summe von 3000 Gulden aufzubringen ist, wird gewiss in Form einer Sammlung ähnlich der für die Herstellung des Kepler-Denkmals auf keinen Widerspruch stossen, sondern im Gegentheil bei dem gegenwärtig neu belebten Interesse für die Erforschung des Himmels überall den ungetheiltesten Beifall finden. Als Beitrag für die zu eröffnende Sammlung erlaube ich mir Ihnen einliegend die Summe von 10 Thalern zu übersenden.

Gleichzeitig würden Sie mich zu Dank verpflichten, wenn Sie mir gelegentlich eine Abschrift der Verse zukommen lassen wollten, mit denen der Speise-Saal am 16. Sept. in Weil der Stadt geschmückt war, um hierdurch die Erinnerung an die dort so schön verlebten Stunden noch lebhafter zu erhalten.

Mit grösster Hochachtung

Ihr
ergebenster
F. Zöllner.

Auf diesen Brief erhielt ich die folgende Erwiderung:

Verehrter Herr Professor!

Indem ich im Namen des Comité's den verbindlichsten Dank für die von Ihnen zur Erwerbung des Kepler-Geburtshauses erhaltenen 10 Thaler ausspreche, habe ich Ihnen zugleich die Mittheilung zu machen, dass, falls es, da unter den befragten Herren auch solche sind, welche sich gegen eine Sammlung ausgesprochen haben, zu einer solchen und zum Kaufe des Hauses nicht kommen sollte, wir Ihnen die so schnell und bereitwilligst überschickte Gabe nach einiger Zeit wieder zurücksenden werden.

Indem ich Euer Hochwohlgeboren in Beiliegendem die Aufschriften im Speisesaale der Post am Tage Ihres Besuches in Weil in Abschrift mittheile, welche zum Theil auch schon am Enthüllungsfeste an geeigneter Stelle angebracht waren, habe ich die Ehre, dem verehrten Herrn Professor meiner vollsten Hochachtung und Verehrung zu versichern und mich zu zeichnen

Euer Hochwohlgeboren

ergebenster Diener

Weilderstadt den 9. Nov. 1871. Dr. Stotz.

Eins der mir mit vorstehendem Schreiben übersandten Gedichte zur Erinnerung an Kepler lautet wie folgt:

Johann Kepler.

Zur Enthüllung seines Standbildes in Weil der Stadt.

Die Lichtwelt hast Du Dein genannt
Die an dem Himmel zieht,
Und hast in Dein Gesetz gebannt
Sein wandelndes Gebiet.

Dich lockte nicht ein Erdenkranz,
Auf Erden ist der Krieg;
In Aetherduft und Sphärenglanz
Da holst Du Deinen Sieg.

Von dort hast Du herangewacht
Den Frieden und die Ruh,
Dir trug das Geisterwehn der Nacht
Sein göttlich Flüstern zu.

Da klangen die Gesänge, wie
Kein Frühling sie vernahm,
Da quoll ein Odem, wie er nie
Von Menschenlippen kam.

Unwandelbar ist Einer nur,
Und ihn hast Du geahnt
Und hast uns durch die Sternenflur
Den Weg zu ihm gebahnt.

Denn wo die Spanne Raum und Zeit,
Die Du durchmessen hast,
Hineinreicht in die Ewigkeit,
Da hast Du sie gefasst:

Wie Träume zwischen Tag und Nacht
Zerfliesst des Lebens Wahn,
Unsterblich ist des Geistes Macht,
Unendlich seine Bahn.

Und wäre sie durch ein Gericht
Verfällt in Bann und Joch;
Der Geist steht auf, das Joch zerbricht:
„Und sie bewegt sich doch!"

T. G. Fischer,
Professor an der Oberrealschule in Stuttgart.

Ob das Geburtshaus Kepler's angekauft worden ist oder „zur Verbreiterung einer Strasse" niedergerissen worden ist, wie dieses Schicksal dem Hause des grössten deutschen Philosophen Kant gegenwärtig bevorzustehen scheint, darüber vermag ich dem „gebildeten" deutschen Volke und seinen Fürsten keine Auskunft zu geben, denn ich habe seit jenem Briefwechsel nichts wieder aus der Geburtsstadt Kepler's vernommen.

Dagegen erlaube ich mir zur ferneren Charakteristik der Art und Weise, wie man in Deutschland das Andenken wirklich grosser Männer ehrt, auf die folgende, soeben durch alle Zeitungen gehende Notiz aufmerksam zu machen.

Die „Norddeutsche Allgemeine Zeitung" vom 13. August 1881 und viele andere Blätter veröffentlichen nach der Königsberger Hartung'schen Zeitung Folgendes:

„Königsberg, 10. August. Mit eigenthümlichen Empfindungen, schreibt man der „K. H. Z.", haben Viele vernommen, dass Kant's Wohnhaus in diesem Jahre abgebrochen werden soll, weil die Strasse verbreitert werden muss. Dies würde im Jubeljahre der „Kritik der reinen Vernunft" geschehen. Das Kant-Denkmal, das an seiner Stelle nur darum errichtet wurde, um es Kant's Wohnhause möglichst anzuschliessen, wird sich ohne diesen Anschluss dann sonderbar genug ausnehmen und die Frage, wie es diesen Platz erhalten konnte, gleichsam verewigt sein. Man wird uns nicht loben, wenn man erfährt, die Königsberger hätten sich daran gewöhnt gehabt, alle Gedenkzeichen an die Vergangenheit der Stadt verschwinden zu sehen und wären nach und nach so gleichgültig geworden, selbst Kant's Wohnhaus vernichten zu lassen, das in seinen

Substruktionen und in seinen Mauern fest genug war, um diese Zeit der Zerstörungswuth und manche Folgezeit zu überdauern."

Sogar das Organ der jüdischen Secessionisten „die Tribüne" vom 17. August 1881 (2. Ausgabe) verbreitet diese Nachricht mit folgenden Worten:

„Das Wohnhaus Kant's in der Prinzessinstrasse, welches eine Tafel mit der Inschrift trägt:

Hier wohnte und lehrte
Immanuel Kant
von 1783 bis 12. Februar 1804.

soll abgebrochen werden. „Von hochgeschätzter Seite" erhält die Hartung'sche Ztg. eine Zuschrift, nach welcher das Kant-Denkmal am Gesekus-Platz nur mit Rücksicht auf das nahegelegene Haus an dieser Stelle errichtet wurde. Der competente Einsender wünscht für Königsberg, das seine Gedenkstätten verfallen lässt, zum Jubiläumsjahr der „Kritik der reinen Vernunft" ein anderes Arrangement." —

Ueber die Schicksale, welche dieses Wohnhaus Kant's bereits unmittelbar nach dem Tode des grossen Philosophen (12. Februar 1804) zu erleiden hatte, berichtet einer seiner treuesten Freunde, Reinhold Bernhard Jachmann, in einer vor 77 Jahren erschienenen Schrift[1]) wörtlich Folgendes:

„Soeben erhalte ich aus Königsberg über die Auction, in welcher das Haus unseres Weltweisen und seine hinterlassenen Mobilien verkauft worden sind, von sicherer Hand eine Nachricht, die ich Ihnen mittheile. Ich würde diese an sich unbedeutende Sache unberührt lassen, wenn sich bei dieser merkwürdigen Auction die grosse Werthschätzung und Verehrung, welche das ganze Königsbergsche Publicum bei der Beerdigung ihres grossen Mitbürgers schon an den Tag gelegt hatte, nicht noch über-

[1]) Immanuel Kant geschildert in Briefen an einen Freund von R. B. Jachmann. Königsberg (Nicolovius) 1804. Der Verfasser bemerkt in seiner vom 8. Juni 1804 datirten Vorrede wörtlich Folgendes:

„meine Vaterstadt weiss es, dass ich viele Jahre hindurch mit dem grossen Weltweisen in einem nahen freundschaftlichen Verhältniss gelebt habe. . . . . Ich hatte zu jeder Stunde des Tages Zutritt in sein Haus, wo sich Kant mir in seiner ganzen natürlichen Gestalt zeigte. . . . Ich bin von der Grösse des unsterblichen Mannes ganz durchdrungen, mir war er Alles; warum soll ich denn dem letzten Opfer, welches ich meinem grossen Lehrer und Freunde mit reinem Herzen darbringe, nicht das Gepräge der tiefsten Ehrfurcht aufdrücken? Verehrung grosser Tugenden verträgt sich ja mit aufrichtiger Wahrheitsliebe.

Geschrieben im Conradino auf Jenkau bei Danzig d. 8. Junius 1804."

zeugender offenbart hätte. Ungewöhnlich viele Menschen haben sich hier eingefunden, um doch Etwas von dem Hausrath des Weltweisen zum Andenken an sich zu kaufen. Kleidungsstücke, Sachen, die er bei und an sich trug oder eine nähere Beziehung auf seine Person gehabt haben, sind als wahre Reliquien eines Heiligen angesehen und durch die Concurrenz zum Verwundern hoch bezahlt worden. Das kleine Hütchen, welches Kant des Morgens früh über seine Schlafmütze zu setzen pflegte und welches vielleicht dreissig Jahre alt und nicht einen Groschen werth war, ist durch einen Engländer auf fünfundzwanzig Gulden in die Höhe getrieben worden. Es sind auch viele auswärtige Aufträge eingegangen, Sachen aus dem Nachlasse Kant's für jeden Preis zu kaufen.

Von dem Silberhaar des Verblichenen flicht man gegenwärtig Ringe und ihr Absatz soll reissend sein, ich glaube aber, dass es mit den Haaren Kant's ebenso wie mit den ehemaligen Reliquien der Heiligen gehen wird und dass bald mehr Kantische Haarringe im Publico sein werden, als Kant in seinem ganzen Leben einzelne Haare gehabt hat. Auffallend ist es, dass bei diesem beispiellosen Enthusiasmus für den grossen Mann sich kein Patriot gefunden hat, der das Haus, in welchem der Weise wohnte und aus welchem er seine Weisheit der Welt verkündigte, zu einem edlen, des grossen Mannes würdigen Zweck gekauft hat. Es ist zum Gasthause bestimmt worden, wo ein Billard und eine Kegelbahn angelegt ist. So wenig ich etwas gegen das Billard- und Kegelspiel habe, so scheint es mir doch anstössig, dass es in dem Hause geschieht, wo einst Kant die Weisheit lehrte."

Fast noch bezeichnender als das Vorstehende für die Gleichgültigkeit, mit welcher „das Volk der Denker" die Erinnerungsstätten seiner grossen Todten der Vergessenheit anheimfallen lässt, ist die „Verwahrlosung der Grabstätte Immanuel Kant's" bis zum Jahre 1871.

Im vorigen Jahre erschien in Königsberg[1]) eine Schrift, deren Titel und wesentlicher Inhalt wörtlich wie folgt lautet:

Immanuel Kants Schädel.

Fünf photographische Blätter mit erläuternden Bemerkungen

herausgegeben von

Carl Kupffer und **Fritz Bessel Hagen.**

Die vorliegenden fünf Blätter stellen Ansichten des Schädels von Immanuel Kant dar und zwar in einem Drittel natürlicher Grösse.

Dieser Schädel wurde nebst dem gesammten zugehörigen Skelett im Beisein von Zeugen, zu denen auch die Unterzeichneten gehörten, am 24. Juni 1880 aus dem Boden des östlichen Endes der Arkaden, die sich

[1]) Verlag von Hübner & Matz. 1880.

[1]) Verlag von Hübner & Matz. 1880.

gemalt von Döbler 1791 — Stich u. Druck v. A. Weger, Leipzig

Religion ist Erkenntniß aller Pflicht als göttlicher Gebote

Immanuel Kant

ORIGINAL IN DER LOGE Z. TODTENKOPF U. PHOENIX IN KÖNIGSBERG

längs der nördlichen Langseite der Domkirche zu Königsberg hinziehen und seit 1809 die Bezeichnung Stoa Kantiana führten, ausgegraben. Ein flacher Leichenstein mit der eingemeisselten Inschrift

SEPULCRUM IMMANUELIS KANT
NATI A. D. X. CALEND. MAJI A. MDCCXXIV
DENATI PRIDIE ID. FEBRUAR. A. MDCCCIV
HOC MONUMENTO SIGNAVIT AMICUS SCHEFFNER MDCCCIX

bezeichnete seit dem Jahre 1809 die Stelle des Grabes. Die Ausgrabung der Gebeine wurde auf Anordnung des Comités zur Wiederherstellung der Grabstätte Kants unternommen, das 1871 ins Leben getreten war und sich die Aufgabe gestellt hatte, die arg verwahrloste Stätte in würdigen Stand zu setzen. Nachdem an Stelle eines baufälligen Gemäuers eine neue geschlossene Kapelle in gothischem Style errichtet worden war, sollten die Reste dessen, dem der Bau geweiht war, gesammelt und in metallenem Sarge in ausgemauerter gewölbter Gruft, vor jeder künftigen Verwechselung gesichert, von neuem beigesetzt werden. Dieses Motiv veranlasste die Nachgrabung.

Unterhalb des Grabsteines fand man im Erdboden zwei in der Richtung von West nach Ost parallel neben einander gelagerte Skelete, beide allem Anscheine nach alten Männern angehörig. Ueber dem Schädel des nördlich, näher der Aussenwand der Kapelle gelegenen Skeletes fand sich eine Metallplatte mit der Inschrift:

CINERES
MORTALES
IMMORTALIS
KANTII.

Dieselbe hatte sich nach Ausweis einer zuverlässigen Quelle[1]) an dem Sarge Kants befunden. Wenn dieser Anhaltspunkt auch nicht ausreichend erschien, um dieses Skelet als das gesuchte bezeichnen zu können, so beseitigte doch die Prüfung des zugehörigen Schädels jeden Zweifel. Es bot sich nämlich die Gelegenheit, den Schädel mit dem Gypsabguss des Kopfes von der Leiche Kants zu vergleichen, da sich ein vortreffliches Exemplar dieses Abgusses im Königlichen Staatsarchive zu Königsberg befindet. Die Vergleichung ergab die Identität.

Der wohlerhaltene Schädel des grössten Denkers der Neuzeit rechtfertigt im allgemeinen die Voraussetzungen, die man auf Grund vergleichend anatomischer und anthropologischer Erfahrungen hegen durfte. Als bezeichnende Charaktere desselben sind folgende hervorzuheben:

1. Eine beträchtliche Capacität der Schädelkapsel, die einen Inhalt von mehr als 1700 ^{ccm} aufwies. Die Messungen, auf verschiedene Weise

[1]) Böckel. Die Todtenfeyer Kants. Königsberg. Göbbels & Unzer. 1804. pag. 23.

angestellt, ergaben Werte zwischen 1715 und 1740 ccm. Das letztere Mass wurde nach der Methode von Broca[1]) erlangt. Es ist zur Zeit nicht möglich, genau anzugeben, um wieviel diese Capacität das mittlere Mass europäischer und speciell deutscher Schädel überschreitet, da die Ergebnisse der von deutschen, französischen und englischen Anthropologen angestellten Messungen in Folge verschiedenen Verfahrens bedeutende Differenzen aufweisen. Ungefähr aber lässt sich sagen, dass der Binnenraum der Schädelkapsel von Immanuel Kant sich um 200—300 ccm über das Mittel männlicher europäischer Schädel der Gegenwart erhebt. Der Schädel umschloss demnach ein voluminöses Gehirn.

2. Während die Länge und Höhe der Schädelkapsel mittlere Verhältnisse nicht überschreiten, erweist sich die Breite als sehr bedeutend; denn bei einer Länge von 182 mm und einer geraden Höhe von 132 mm, erreicht die grösste Breite einen Wert von 161 mm. Nach dem Verhältniss der Länge zur Breite gehört dieser Schädel mithin in die Kategorie der ausgeprägtesten Kurzköpfe, der Hyperbrachycephalen. Als Ausdruck dieses Verhältnisses dient die Ziffer 88,5 für den Längen-Breitenindex.

Bei der noch schwebenden Frage, ob der steigenden Intelligenz eine Zunahme der Breitendimension der Schädel parallel gehe, werfen die Verhältnisse des vorliegenden Schädels ein bedeutendes Gewicht zu Gunsten dieser Anschauung in die Wagschale.

3. Sehr deutlich tritt bei der Ansicht von oben *(norma verticalis)* eine Asymmetrie des Schädels hervor, indem die rechte Seite eine stärkere Wölbung aufweist, insbesondere im Bereich des Scheitelbeins und der Oberschuppe des Hinterhauptbeines. Die rechte Seite der Grosshirnkapsel ist, mithin geräumiger als die linke. Der Eindruck dieser Asymmetrie wird noch gesteigert durch die stärkere Prominenz des rechten Augenbranenbogens.[2])

4. Am Gesichte fällt die Höhe der Augenhöhlen auf. Das Verhältnis der Breite (= 100) zur Höhe der Augenhöhlenöffnungen giebt den für europäische Schädel ungewöhnlich hohen Orbitalindex von 89,7.

Die Nase weicht nach links ab, der Oberkiefer zeigt eine beträchtliche Reduction des zahnlosen Alveolarbogens.

---

[1]) Topinard. *l'Anthropologie.* Paris. 1877. pag. 299 seqq.

[2]) Professor Dr. Karl Kupffer, bis zum 1. September 1880 Professor der Anatomie zu Königsberg, ist inzwischen nach München berufen worden und bemerkt in einer später erschienenen Schrift „Die Grabstätte Immanuel Kant's etc. von F. Bessel Hagen" wörtlich noch Folgendes:

„Lässt der Schädel vermuthen, dass er die Kapsel darstellte, die das Hirn des grössten Denkers der Neuzeit umgab? ... Sehr interessant sind die Asymmetrien am Hirnschädel. ... Das Ueberwiegen der rechten Seite der Grosshirnkapsel im Ganzen ist in ihrer Bedeutung nicht genügend erforscht, aber man richtet in neuester Zeit das Augenmerk auf diese Erscheinung lateraler Asymmetrie und sucht nach Beziehungen derselben zur Intelligenz."

Da eine eingehende Beschreibung dieses Schädels demnächst im Archiv für Anthropologie erscheinen wird, beschränken wir uns hier auf diese wenigen Angaben.

Die photographischen Aufnahmen der fünf Ansichten wurden in Gegenwart von uns beiden durch den Photographen Herrn P. Rosenow bewerkstelligt.

Königsberg in Pr., den 9. Juli 1880.

Carl Kupffer. Prof. d. Anatomie.

Fritz Bessel Hagen. cand. med.

Sollte sich Herr Professor Virchow, der nach jüdischen Zeitungsberichten vom deutschen Kronprinzen auf dem internationalen Congress der Mediciner zu London mit ostensibler Auszeichnung behandelt worden sein soll, nicht durch die obigen Mittheilungen veranlasst sehen, seine anthropologischen Schädelmessungen auch auf den interessanten Schädel Kant's in der alten Krönungsstadt der Hohenzollern auszudehnen? Vielleicht würde er im Stande sein, durch eine Vergleichung seiner eigenen Schädelmaasse und derjenigen anderer Mitglieder der deutschen Fortschrittspartei mit den Dimensionen des Kant'schen Schädels zu dem wissenschaftlich und politisch hochinteressanten Resultate von der geistigen Inferiorität der „guten Revolutionäre" und „fortschrittlichen Republikaner" kommen, indem bereits Kant wörtlich erklärt hat:

„Durch eine Revolution wird vielleicht wohl ein Abfall von persönlichem Despotismus und gewinnsüchtiger und herrschsüchtiger Bedrückung, aber niemals wahre Reform der Denkungsart zu Stande kommen, sondern neue Vorurtheile werden, ebensowohl als die alten, zum Leitbande des gedankenlosen grossen Haufens dienen." (Werke, Bd. VII. S. 143 ff.)

So lange aber Herr Virchow seine vergleichenden anthropologischen Untersuchungen nur auf die Schädel von Affen und Lappländern im zoologischen Garten zu Berlin beschränkt und die gefundenen Schädelverhältnisse mit denjenigen seines eigenen Schädels vergleicht, kann er zu der Selbsttäuschung verführt werden, dass er selber seine Mitgeschöpfe an Intelligenz so weit überrage, um ernsthaft an sie das folgende Verlangen zu stellen:

„Wenn ich der Nation eine bestimmte wissenschaftliche Wahrheit überliefere, die sicher beglaubigt ist, an der nicht der geringste Zweifel bleiben kann, wenn ich verlange, dass Jedermann sich von der Richtigkeit

dieser Wahrheit überzeuge, dass er sie in sich aufnehme, dass sie Bestandtheil seines Denkens werde, so setze ich als selbstverständlich voraus, dass damit seine Anschauung von den Dingen überhaupt mit bestimmt werde." . . .

„Das muss die Nation in sich aufnehmen, dass muss sie verzehren und verdauen, daran muss sie nachher weiter arbeiten. . . Das was mich ziert, ist eben die Kenntniss meiner Unwissenheit!" [1])

Im Anschluss an das oben über die Wiederbestattung der Kant'schen Gebeine Mitgetheilte erlaube ich mir meine Leser auf einen im vorigen Jahre im Buchhandel erschienenen „Abdruck aus der Altpreussischen Monatsschrift, herausgegeben von R. Reicke und E. Wichert, Bd. XVII Heft 7 u. 8 S. 643—670", aufmerksam zu machen, welcher den Titel trägt: „Die Grabstätte Immanuel Kant's mit besonderer Rücksicht auf die Ausgrabung und Wiederbestattung seiner Gebeine im Jahre 1880, von F. Bessel Hagen."

Die Einleitung zu dieser Schrift lautet wörtlich wie folgt:

„Am 21. November dieses Jahres — es war der Tag des Todtenfestes — wurden in der alten Krönungsstadt der preussischen Herrscher in einer zum Dom gehörigen Halle die Gebeine eines Mannes zur Ruhe gebettet, der unter den grössten Denkern der Neuzeit eine hervorragende und von Niemandem missgönnte Stellung einnimmt. Es war eine Bestattung so schlicht und einfach, wie selten eine, ohne jeglichen Prunk, ohne Glockengeläute und ohne irgend welche Feierlichkeit. Kaum einer von denen, die zu derselben Stunde im Dome durch die Worte des Gottesgelehrten an die Verblichenen gemahnt wurden, mochte eine Ahnung von diesen Vorgängen haben. Nur die wenigen, welche die Beerdigung eigenhändig vornahmen, wussten davon; für sie hatte dieser Tag eine besondere Bedeutung und unvergesslich wird er ihnen bleiben; denn der, den sie in das Grab senkten, war kein geringerer als Immanuel Kant, Deutschlands grösster Philosoph.

Bereits Jahrzehnte hindurch hatten seine Gebeine an derselben Stelle ungestört gelegen, bis sie in der zweiten Hälfte des letztverflossenen Juni der Erde entnommen wurden. So war man es den Manen des Verewigten schuldig; denn Pietät und Pflicht geboten damals, die vordem in unerhörter Weise vernachlässigte und verwahrloste Grabstätte wiederum in würdigen Stand zu setzen und die sterblichen Ueberreste

---

[1]) Vgl. Virchow, „Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat". Rede gehalten auf der 10. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München am 22. Sept. 1877.

dessen, der Königsbergs grösster Stolz ist, vor der gänzlichen Vernichtung zu bewahren.

Das Gewölbe, in welchem sich die Ruhestätte Kant's befindet, bildet einen abgetrennten Raum der Arkaden, die sich längs der Nordseite des Domes hinziehen und, im XVI. Jahrhundert errichtet, unter dem Namen des Professorengewölbes bis zum Anfange dieses Jahrhunderts als Begräbnisstätte der Professoren an der Albertus-Universität, ihrer Frauen und unverheirateten Kinder benutzt wurden.

In diesen Arkaden war Kant sechszehn Tage nach seinem am 12. Februar 1804 erfolgten Tode begraben worden; allein es ist mehr als zweifelhaft, dass seine Ruhestätte sich von Anfang an in dem später kapellenartig abgegrenzten Ostende der Arkaden befunden hat, wo uns bis vor kurzem ein flacher etwas über den Boden erhabener Stein mit eingemeisselter Inschrift das Grab bezeichnete. Bestimmte Angaben über eine nachträgliche Verlegung der Grabstätte sind allerdings nicht auf uns gekommen; indessen spricht doch mancherlei für die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme; so berichtet z. B. der Kriegsrat Scheffner in seiner Autobiographie, dass im Jahre 1809 auf seine Veranlassung die 136 Fuss lange und 15 Fuss breite Gallerie des ganz unbrauchbar gewordenen Professorengewölbes, in dem auch Kant seine Grabstätte erhalten habe, mit Ziegeln ausgelegt und „Kant's Sarg auf einem Flügel des Ganges angebracht" worden sei; diese Stelle habe man darauf durch einen Stein kenntlich gemacht mit der Aufschrift:

„Sepulcrum Immanuelis Kant"[1])

In derselben Zeit wurde dieser Theil der Arkaden und zwar ebenfalls auf die Anregung Scheffners hin durch ein Gitter abgegrenzt, während der übrige Raum des langen Säulenganges, welcher an den alten Hof des Collegium Albertinum stiess, zu einer Spazierhalle für Professoren, Studirende und „andere Bewegungsbedürftige" umgewandelt wurde. Jener östliche Theil allein war davon ausgeschlossen; er wurde dem Andenken Kants geweiht und gab der ganzen Halle die Bezeichnung „Stoa Kantiana". Um aber das Weihevolle dieses Raumes noch zu erhöhen, stellte man über dem Denkstein Scheffners auf einer Säule von grauem schlesischen Marmor die Büste des grossen Philosophen auf und in festlichem Akte wurde dieselbe am 22. April 1810, dem Geburtstage Kants, enthüllt. Sie war noch bei Lebzeiten Kants von Fr. Hagemann modellirt, von Schadow in karrarischem Marmor ausgeführt und dann am 25. Februar 1804 vom dem Kriegsrat Müller und anderen Freunden Kants dem akademischen Senat überwiesen worden. Seitdem hatte sie im Auditorium maximum des Collegium Albertinum gestanden, bis sie ihren Platz über dem Grabe Kants fand.

Aber nicht lange mochte die Büste in der Stoa verblieben sein. Wahrscheinlich wurde sie schon nach wenigen Jahren wieder in das

---

[1]) Vgl. die bereits oben S. XXXV. mitgetheilte vollständige Aufschrift.

Collegium Albertinum, woselbst sie sich auch gegenwärtig noch befindet, zurückgebracht; denn die Grabstätte verfiel binnen kurzem, und bereits im Jahre 1825 spricht man von der argen Verwahrlosung und von dem „gräulichen Zustande des Schmutzes", in welchem sich die Stoa Kantiana und besonders die Grabstätte befinde. Selbst der Boden über dem Grabe sank an der Stelle ein, wo man das Kopfende des Sarges vermuten musste; und viele Jahre hindurch verblieb die Ruhestätte des Philosophen in diesem Zustande; nur das Gitter, welches die Kapelle von der Spazierhalle trennte, hielt noch aus. Ja es kam schliesslich so weit, dass die Spazierhalle Obdachlosen und anderem lockeren Gesindel zum nächtlichen Aufenthalt dienen durfte.

Immer mehr und mehr ging nun die Stoa ihrem gänzlichen Verfall entgegen, bis endlich im Jahre 1871 auf Anregung des jetzt verstorbenen Professor August Müller ein Comité zusammentrat, welches sich die Aufgabe stellte, das Grab Kants wieder in würdiger Weise auszustatten."

Fürwahr, die Schamröthe wird der heranwachsenden Generation des jungen Deutschland beim Lesen dieser Worte in's Antlitz steigen! Denn während andere Nationen wenigstens das Andenken ihrer wirklichen Geistes-Heroen im Tode ehren, um die Schuld zu sühnen, welche sie durch ihre mangelhafte Werthschätzung im Leben auf sich geladen haben, bleiben in Deutschland derartige Bestrebungen lediglich der unbeholfenen Initiative von Privatpersonen überlassen. Wo liegt die Ursache dieser traurigen Verhältnisse? Ich behaupte in dem fortschreitenden sittlichen und wissenschaftlichen Verfall der deutschen Universitäten und dem damit eng verbundenen Mangel ihres nationalen Bewusstseins. Wer die Richtigkeit meiner Behauptung aus eigener Erfahrung zu beurtheilen versteht und sich über diese traurige Wahrheit nicht durch den äusseren Glanz von Instituten mit ihrer zahlreichen Frequenz von Studirenden täuschen lässt, der wird auch ohne nähere Begründung meiner Anklage beipflichten. In der That hätten doch die corporativen Vertretungen, d. h. die akademischen Senate der Universitäten Tübingen und Königsberg, an denen Kepler und Kant studirt und gelehrt haben, in erster Linie die Verpflichtung gehabt, für eine würdige Pflege und Erhaltung der oben erwähnten Denkstätten deutscher Geistesgrösse zu sorgen. Gesetzt nun aber auch, ein warm fühlender Patriot und ordentlicher deutscher Professor stellte in seiner Facultät

oder im Senate einen hierauf bezüglichen Antrag, so hängt das Schicksal desselben, ähnlich wie in unsern Parlamenten, meistens davon ab, ob der betreffende Professor ein Mitglied der jeweilig in der Facultät oder im Senate herrschenden Clique ist. Befinden sich in letzterer noch eine grössere Anzahl von Davidsöhnen und Schwiegersöhnen, so ist gar nicht daran zu denken, einen derartigen Antrag durchzubringen, mag er noch so eingehend und triftig motivirt sein.

Wenn es mir gestattet wäre, mich derjenigen Ausdrücke zu bedienen, denen unser gegenwärtiger *Rector magnificus,* der Geheime Hofrath Zarncke, durch Aufnahme in sein „Literarisches Centralblatt für Deutschland“[1]) gleichsam akademisches Bürgerrecht verliehen hat, so würde ich sagen „Gemeinheit“ verbunden mit „impotenter Feigheit“ und „erbärmlichem Concurrenzneid“ sind nicht selten diejenigen Hindernisse, an denen eine praktische und erfolgreiche Bethätigung des sittlichen und nationalen Bewusstseins unserer modernen Professoren-Collegien in Deutschland scheitern muss. Um jedoch meine Behauptung nicht als Ausfluss „christlich-germanischer Schwärmerei“ oder des viel geschmähten *furor teutonicus* erscheinen zu lassen, erlaube ich mir hier noch die Worte eines berühmten Judengenossen und eines ungetauften, kenntnissreichen jüdischen Literaten über unsere gegenwärtigen akademischen Zustände in Deutschland anzuführen.

Herr Prof. Theodor Mommsen erklärte bei Erörterung der bezüglich des Promotionswesens an den deutschen Universitäten eingerissenen Corruption am 12. Januar 1876 in den „Preussischen Jahrbüchern“ wörtlich Folgendes:

„Schreiende Missstände in unserem deutschen Vaterlande haben wir lange Zeit nicht geduldig, aber schweigend ertragen; die Hoffnungslosigkeit macht nicht beredt und der deutsche Bundestag hatte allerdings Ursache,

[1]) Ueber den Eindruck, welchen die Aufnahme der folgenden „Erklärung“ von Seiten des Herrn Geheimen Hofraths Zarncke in sein „Literarisches Centralblatt“ (1881. No. 4. 22. Jan. S. 136) selbst auf zum Theil ihm geistesverwandte Collegen gemacht hat, habe ich im Texte S. 758 berichtet. Die „Erklärung“ selber lautet wörtlich wie folgt:

„Das neueste Heft der „„Zeitschrift für deutsches Alterthum““ (N. F. XIII, 1) enthält eine „„Mittheilung““ von Herrn Prof. Scherer, die mich zu einer Erklärung veranlasst.

weder an das grosse noch an das kleine Unkraut zu rühren. Aber heute haben wir ein gutes Recht, auch für diese Schandwirthschaft Abhülfe zu fordern, oder vielmehr wir haben die Pflicht dies zu thun. . . . . Die preussischen Gelehrten wussten es wohl, dass die Regierung, die dergleichen duldet, weit schwerere Mitschuld trägt, als der einzelne Universitätslehrer, der, wenn er das Sündengeld einsteckt, zwar nicht mit Recht, aber doch mit einem gewissen Scheine sich vorredet, dass er ja für die Einrichtung nicht könne."

Die Herren Erdmannsdörffer und Bekker (letzterer mir als „stummer Zeuge" vorgestellt) kamen nicht, um sich „eine authentische Interpretation" des von mir Herrn Scherer gegenüber gebrauchten Ausdruckes „impotente Feigheit" zu verschaffen, sondern mich zur Zurücknahme dieses Ausdruckes zu veranlassen, und waren, wie ich einige Zeit nachher erfuhr, beauftragt, event. mir eine Forderung von Herrn Scherer zuzustellen.

Ich erklärte den beiden Herren, von denen der eine (Bekker) über das Vorgegangene sehr mangelhaft unterrichtet war und z. B. von dem in Herrn Scherer's Polemik vorkommenden Ausdruck „Gemeinheiten" nichts wusste, dass ich die Worte „impotente Feigheit" gebraucht habe im Gefühl der Entrüstung über den von Herrn Scherer gebrauchten Ausdruck „Gemeinheiten", den ich auf mich beziehen zu müssen glaubte; dass ich aber bereit sei, mein Bedauern darüber öffentlich auszusprechen, wenn Herr Scherer seinerseits öffentlich erkläre, dass der Ausdruck „Gemeinheiten" sich nicht auf mich beziehe.

Bei Erklärung der Sachlage im Interesse des so schlecht unterrichteten „Zeugen" habe ich dann allerdings auch jene Interpretation gegeben, die einem denkenden Leser meiner Polemik, der einen Satz im Zusammenhange mit dem vorausgehenden auffasst, gar nicht zweifelhaft sein konnte: dass der Vorwurf „impotenter Feigheit" Herrn Sch. dann treffe, wenn er seinen Gegner mit Schimpfwörtern tractiere, statt ihn sachlich zu widerlegen. Freilich wessen Logik so beschaffen ist, dass er erklärt (was mir Herr Prof. Erdmannsdörffer aus einem Briefe von Herrn Sch. schwarz auf weiss mittheilte), er habe mit den Worten, „solche Gemeinheiten überlasse ich Herrn —", nicht eine Person, sondern eine literarische Richtung gemeint, an den wird man starke Ansprüche im Denken überhaupt nicht machen dürfen.

In obiger „Mittheilung" bedient sich Herr Sch. zwar keiner neuen Schimpfwörter, hält aber seine frühere mit Schimpfreden gegen mich begleitete Behauptung aufrecht und erklärt, dass er sich zur Angabe von Gründen nicht zwingen lasse. Wem fällt da nicht Falstaff (Heinrich IV, Th. 1, 2, 4) ein: „Was? mit Gewalt? Wär' ich auch auf der Wippe oder allen Foltern in der Welt, so liesse ich mir's nicht mit Gewalt abnöthigen! Mit Gewalt Gründe angeben? Wenn Gründe so gemein wären, wie Brombeeren, so sollte mir doch keiner mit Gewalt

Herr Dr. David Asher, Privatlehrer der englischen und deutschen Sprache, verpflichteter Uebersetzer beim Königl. Amtsgericht zu Leipzig, mit dem ich mich bereits in meiner Schrift „Zur Aufklärung des Deutschen Volkes“ (S. 191 ff.) etwas näher zu beschäftigen veranlasst sah, erklärt in der Augsburger

---

einen Grund abnöthigen — nein!“ Ob das Ehrgefühl Herrn Scherer's dem des dicken Ritters wohl so gleicht wie seine Logik?

Da es Herr Sch. nicht schicklich findet, „die Fortsetzung einer Polemik durch hypothetische Beleidigungen erzwingen zu wollen“, aber, wie sein eigenes Beispiel beweist, nicht für unschicklich hält, Beleidigungen wie „erbärmlicher Concurrenzneid“ und „Gemeinheiten“ in nicht hypothetischer Form einem Gegner an den Hals zu werfen, so stelle ich mich gern auf seinen Standpunct und erkläre die hypothetische Form des mit Bezug auf Herrn Scherer gebrauchten Ausdruckes „impotente Feigheit“ hierdurch für aufgehoben.

Heidelberg, 12. Januar 1881.

K. Bartsch.“

(Ordentlicher Professor an der Universität Heidelberg.)

Welche gesellschaftlichen Zustände müssen unter den Heidelberger und Berliner ordentlichen Professoren herrschen, wenn sich solche Proben collegialer Höflichkeit nicht einmal mehr scheuen, öffentlich an's Tageslicht zu treten? Hat der Herausgeber eines in 1200 Exemplaren im Publicum verbreiteten „Literarischen Centralblattes“ ein Recht, sich im Verein mit andern Mitgliedern des Senats der Universität Leipzig mit einer Beschwerde an das Cultusministerium wegen literarischer „Beleidigung“ von Professoren und Privatdocenten zu wenden und um „Remedur“ zu bitten, wenn er selber solchen „Beleidigungen“ durch Abdruck in seinem „Centralblatt“ gleichsam officiell einen Erlaubnissschein ausstellt? Wird nicht durch solche „Manifestationen in der Presse“ beim Volke und der akademischen Jugend die „Achtung vor dem ganzen Stande der Professoren“ mehr geschädigt, als durch meine seit zehn Jahren öffentlich dagegen erhobenen Proteste, und darf man sich wundern, wenn gegenüber solchen Symptomen eines gesellschaftlichen Verfalls unter den deutschen Professoren endlich das Volksgewissen erwacht und sich drohend in folgenden Worten Luft macht:

„*Quos ego*, ich will Euch! Sind das *mores*
Für wohlbestallte *Professores?*
Treiben's die Herren Gelehrten so,
Und noch dazu *coram populo?*
Sancta sapientia! Welch ein Benehmen!
Solltet Euch in den Boden schämen!
Ist das Eure Doctorschaft „*summa cum laude*“?

M. Reymond.

„Allgemeinen Zeitung“ vom 12. December 1872 (Beilage No. 347) wörtlich:

„Drei bedeutende Männer hat man in letzter Zeit versucht als von „„Grössenwahn““ behaftet auszugeben. Sie heissen Schopenhauer, Richard Wagner und Zöllner. Die lebenden werden solchen Anfeindungen selbst zu begegnen wissen und sie Lügen strafen.

Zöllner hat bereits in einer Beilage zur zweiten Auflage seines Werkes „„Ueber die Natur der Cometen““ seinen Gegnern geantwortet. Dass eine solche „„Abwehr““ seinerseits überhaupt nothwendig war, ist ein trauriges Zeichen der Zeit und beleuchtet auf eine grelle Weise die heutigen Zustände unter den Vertretern der deutschen Wissenschaft. Hier herrscht das *bellum omnium contra omnes* in einem nie vorher gekannten Grad. Und mit welchen Waffen wird der Kampf geführt!“ (Vgl. S. 776.)

Zu den angeführten Momenten der gesellschaftlichen Corruption an unseren Universitäten gesellt sich noch ein nationaler Charakterfehler der Deutschen, welchen der bekannte Materialist und „fortschrittliche Republikaner“ Carl Vogt bereits vor 33 Jahren richtig erkannt und vortrefflich mit folgenden Worten[1]) geschildert hat:

„Haben wir irgend einen hervorragenden Mann, so suchen wir vor allen Dingen uns unabhängig von dessen Einfluss zu zeigen und wählen lieber eine anerkannt schlechtere Richtung und ein momentan sterileres Feld der Thätigkeit, nur um diese Unabhängigkeit thatsächlich darzuthun. Ich weiss nicht, ob diese Eigenschaft darauf hinweisen dürfte, dass wir eigentlich zur Republik geignet sind“

Wenn nun aber jene gelehrten Corporationen, welche officiell zur Pflege der sittlichen und nationalen Traditionen unserer deutschen Universitäten berufen sind, durch die erwähnten Umstände daran verhindert werden, so thronen erhaben über das kleinliche Parteigezänk der Universitäten die deutschen Fürsten. Ihnen wird auch auf diesem Gebiete, wie im Kampfe um die politische Einheit Deutschlands, die ehrenvolle Aufgabe von der Vorsehung überwiesen werden, durch hochherzige Thaten das Andenken an deutsche Geisteshelden zu ehren.

König Ludwig von Bayern ist bereits der Erste unter den deutschen Fürsten als leuchtendes Vorbild auf dieser Bahn vorangeschritten. Nicht nur, dass er vor 10 Jahren

[1]) Ocean und Mittelmeer. (Frankfurt a. M. 1848.) Bd. I. S. 120.

hochherzig den alten deutschen Hader vergessend, durch eine rasch entschlossene That zwischen Süd und Nord das Band der Einigung knüpfte,[1]) das nach empfangener Bluttaufe im Schlosse zu Versailles von sämmtlichen deutschen Fürsten seine feierliche Weihe erhielt, sondern er ermöglichte auch zugleich durch thatkräftige Unterstützung dem genialen Meister deutscher Tondichtung Richard Wagner die Vollendung und Aufführung seiner grossen und im edelsten Sinne des Wortes nationalen Kunstwerke.

Der deutsche Kronprinz und einstige Erbe der deutschen Kaiserkrone ist *Rector magnificentissimus* der Universität Königsberg, an welcher Kant fünfzehn Jahre als Privatdocent lehrte und im Jahre 1755 sein unsterbliches Werk „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels" Friedrich dem Grossen „seinem allerdurchlauchtigsten, grossmächtigsten Könige und Herrn" widmete. Erst vor zwei Jahren weilte der deutsche Kaiser mit seinem Sohne in dieser alten Krönungsstadt der Hohenzollern und der Kronprinz erinnerte unter dem stürmischen Jubel der versammelten Studenten an die Bedeutung der Kant'schen Philosophie, indem er dieselbe als Mittel zur Kräftigung des Pflichtgefühles bei der heranwachsenden Jugend empfahl.[2]) Sollte sich der deutsche Kronprinz Friedrich Wilhelm nicht ein dauernderes Denkmal in den Herzen dieser Jugend errichten, wenn er, anstatt die antijüdische Bewegung in Deutschland, lieber die „grenzenlose Verwahrlosung der Grabstätte Kant's" als eine „Schmach für das deutsche Volk" bezeichnete und zum Beweise der Tiefe seiner Empfindung dem hochwohlweisen Magistrat und Stadtverordneten-Collegium der alten, getreuen Stadt Königsberg die kategorische Weisung zugehen liesse, Kant's

---

[1]) „König Ludwig II. von Bayern hatte an König Wilhelm das Ansuchen gerichtet, die deutsche Kaiserwürde anzunehmen und dem neuen Bunde den Namen „Reich" zu geben (30. November 1870). Er hatte sich gleichzeitig an seine deutschen Mitfürsten und an die Senate der freien Städte mit der Aufforderung gewandt, diesem Antrage beizutreten." Vgl. „Fürst Bismarck, der deutsche Reichskanzler. Ein Zeit- und Lebensbild für das deutsche Volk von Fedor v. Köppen". (Leipzig 1876.) S. 542.

[2]) Vgl. „Wissenschaftliche Abhandlungen". Bd. III. Vorrede S. XCVI.

Wohnhaus nicht behufs der Verbreiterung einer Strasse der Vernichtung Preis zu geben? Vielleicht würde der König von Würtemberg durch solche deutsche That veranlasst, das Geburtshaus Kepler's in Weil der Stadt für 3000 Gulden in seinen Privatbesitz bringen, um durch dieses patriotische Opfer die ernste Mahnung desjenigen deutschen Fürsten zu bekräftigen, welcher sich durch seine Weisheit, Milde und Gerechtigkeit für alle Zeiten im Herzen des Sächsischen Volkes ein unvergängliches Denkmal errichtet hat. Ich meine König Johann von Sachsen, der bereits vor 30 Jahren in folgenden denkwürdigen Worten das deutsche Volk an die Bedeutung und Pflege seiner nationalen Denkmäler erinnert hat:

„Jedes Volk steht auf seiner Vorzeit, und dasjenige, welches sie kennt und ehrt, wird sich selbst besser erkennen und ehren lernen. Und namentlich Deutschland braucht sich seiner Vorzeit nicht zu schämen! . . Darum sei unser Bestreben dahin gerichtet, diese Vorzeit immer deutlicher unserem Volke zum Bewusstsein zu bringen und ihre Denkmäler zu ehren und ehren zu lehren."

Erst wenn dieses Königliche Wort von allen deutschen Fürsten durch Thaten bewiesen und erhärtet sein wird, erst dann wird neben der politischen auch die ideale Einheit Deutschlands begründet sein und sich in diesem Sinne die Prophezeihung des deutschen Patrioten und Dichters Grimmelshausen aus dem dreissigjährigen Kriege erfüllen, „dass Gott endlich den Deutschen, wie vor diesem den Römern, die Beherrschung über die ganze Welt zukommen lassen wird."

Dann wird das ganze christliche Volk, durch deutsche Treue und Tugend mit seinen Fürsten für immer verbunden, begeistert in das heutige Reformationslied unserer akademischen Jugend auf dem Kyffhäuser mit einstimmen:

„Deutschland, Deutschland über Alles,
Ueber Alles in der Welt!"

Leipzig, am Sedantage 1881.

F. Zöllner.

Wilhelm Weber.

Zur Erinnerung
an
ein fünfzigjähriges Professoren-Jubiläum.

Das „Leipziger Tageblatt" vom 28. August 1881 (No. 240) enthält wörtlich die folgende Notiz:

„Aus Göttingen wird der „Allg. Ztg." geschrieben: Durch die Zeitungen ging kürzlich die Nachricht, der berühmte Physiker Weber, einer der Göttinger Sieben, habe am 15. d. M. sein funfzigjähriges Jubiläum als ordentlicher Professor gefeiert. Daran ist nur richtig, dass Weber unterm 15. August 1831 zum ordentlichen Professor in Göttingen ernannt ist und dass demgemäss, wenn rechtzeitig darauf aufmerksam gemacht wäre, der 15. August d. J. nicht ohne die entsprechende Feier vorübergegangen sein würde. Es ist jedoch Nichts der Art geschehen, da der betreffende Dekan, dem es obgelegen hätte, beim Curatorium darauf aufmerksam zu machen, keine Anzeige gemacht hat, so dass nicht einmal die übliche Gratulation, geschweige eine andere Auszeichnung stattgefunden. Ganz ebenso ohne Sang und Klang ist am 18. Februar d. J. ein fünfzigjähriges Doctorjubiläum, das unser berühmter Orientalist, Professor Wüstenfeld, hätte feiern können, derselben Ursache wegen vorübergegangen."

Die „Augsburger Allgemeine Zeitung" vom 4. September 1881 bringt in Erwiderung des Vorstehenden die folgende Berichtigung:

„Göttingen, 1 Sept. (Berichtigung.) Die in der „Allg. Ztg." Nr. 239 mit dem Zeichen „$\varkappa\gamma$ Göttingen im August" enthaltene Correspondenz stellt Behauptungen auf, deren Richtigstellung mit Rücksicht auf die dadurch betroffenen Personen geboten erscheint. Unrichtig ist es, wenn behauptet wird, das fünfzigjährige Doctorjubiläum des Professors Wüstenfeld in Göttingen sei „ohne Sang und Klang" vorübergegangen, während in der hier üblichen Weise von Seiten des königl. Curatoriums durch den Hrn. Universitätscurator, von Seiten der Universität durch die sogenannte kleine Deputation (Prorector und zwei Dekane), ferner durch den Dekan und Exdekan der philosophischen Facultät und schliesslich von Seiten der königl. Bibliothek durch deren Vorstand dem Jubilar die Glückwünsche der dadurch vertretenen Behörden und Corporationen dargebracht

wurden. Wenn ferner behauptet wird, dass es versäumt worden sei, das am 15. August fallende Jubiläum des GRR. Prof. W. Weber als ordentlicher Professor zu feiern, so ist darauf zu entgegnen, dass weder der genannte hochverehrte Gelehrte nach seiner eigenen Aussage, noch die zuständigen Organe der Universität den 15. August als den Jubiläumstag des GRR. Weber ansehen; dieser Tag ist das Datum des Ministerialschreibens, in welchem (1831) der Universität die Ernennung des Prof. Weber in Halle zum ordentlichen Professor in der philosophischen Facultät der Universität Göttingen mit dem Bemerken angezeigt wird, dass Prof. Weber in Halle zu Michaeli sein Amt anzutreten habe. Eingeführt in den Kreis der Universität und vereidigt ist Prof. Weber am 24. September 1831, und ist dieser Tag als der Tag des fünfzigjährigen Jubiläums des Hrn. GRR. Weber an der hiesigen Hochschule angesehen. Unrichtig ist es in der erwähnten Correspondenz schliesslich, wenn angegeben wird, es habe dem Dekan der philosophischen Facultät obgelegen, beim königl. Curatorium darauf aufmerksam zu machen, dass das fünfzigjährige Jubiläum des GRR. Weber als ordentlichen Professors stattfinden werde; über die Anstellung der Professoren an der Hochschule ist nach der Natur der Sache das Universitäts-Curatorium besser unterrichtet als der jeweilige Dekan einer Facultät."

Die „Hamburger Nachrichten" vom 18. August 1881 (Abend-Ausgabe) feierten den Jubilar mit folgenden Worten:

„Hannover, den 17. August. Wir beginnen mit der Erinnerung an eine ruhmwürdige That. Professor Weber beging vorgestern in Göttingen den fünfzigsten Jahrestag seiner Berufung an die Georgia Augusta. Weber hatte, noch sehr jung, in der Gelehrtenwelt schon einen Namen erworben, als ihm das Jahr 1837 auch den eines unerschrockenen Kämpfers für das Recht einbrachte. Weber ist der letzte Ueberlebende jener erlauchten Sieben, die gegen den schnöden Angriff auf die hannoversche Verfassung mit der unvergesslichen Erklärung auftraten, dass sie, Lehrer der Jugend, nicht mit dem gefährlichen Beispiel eines leichtfertigen Abfalls von geschworenen Eiden vorangehen dürften und wollten. Weber, 1804 zu Wittenberg geboren, kam schon mit 27 Jahren als Professor nach Halle, wurde 1831 zum Professor der Physik nach Göttingen berufen, sechs Jahre später, in Folge jener Protestation, seines Amtes entsetzt, im Jahre 1848 aber sammt seinen vertriebenen Collegen wieder berufen. Seine wissenschaftlichen Leistungen, namentlich seine mit Gauss unternommenen Arbeiten haben seinem Namen wohl unvergängliche Dauer verschafft."

Wer zufällig im Winter von 1833 auf 1834 die alte Musenstadt Göttingen besuchte, konnte hier und da Gruppen von kopfschüttelnden Philistern beobachten, welche erstaunt nach der Höhe des ehrwürdigen Johannisthurmes schauten, auf dem sich der neuberufene Professor der Physik mit

seinen Gehülfen zu schaffen machte. Es wurde die erste elektromagnetische Drahtleitung der Welt über einige Stangen ausserhalb der Stadt, dann über dieselbe bis zur Höhe des nördlichen Johannisthurmes, von da zur Bibliothek und nach dem physikalischen Cabinet gelegt. Gauss stattete über diese von Wilhelm Weber eingerichtete erste elektromagnetische Telegraphen-Anlage am 9. August 1834 der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften wörtlich den folgenden Bericht[1]) ab:

„Wir können hierbei eine mit den beschriebenen Einrichtungen in genauer Verbindung stehende grossartige und bisher in ihrer Art einzige Anlage nicht unerwähnt lassen, die wir unserm Hrn. Professor Wilhelm Weber verdanken. Dieser hatte bereits im vorigen Jahre von dem physikalischen Cabinet aus über die Häuser der Stadt hinweg bis zur Sternwarte eine doppelte Drahtverbindung geführt, welche gegenwärtig von der Sternwarte bis zum magnetischen Observatorium fortgesetzt ist. Die Leichtigkeit und Sicherheit, womit man die Bewegung der Nadel beherrscht, hatte schon im vorigen Jahr Versuche einer Anwendung zu telegraphischen Signalisirungen veranlasst, die auch mit ganzen Wörtern und kleinen Phrasen auf das vollkommenste gelangen. Es leidet keinen Zweifel, dass es möglich sein würde, auf ähnliche Weise eine unmittelbare Verbindung zwischen zweien, eine beträchtliche Anzahl von Meilen voneinander entfernten Orten einzurichten."

Die hier angeführten Worte des grossen deutschen Mathematikers Gauss sind ein unanfechtbares Document, durch welches unserm Landsmanne Wilhelm Weber die Ehre der ersten praktischen Verwerthung der heute die Welt umspannenden elektromagnetischen Telegraphie für alle Zeiten verbürgt ist.

Die „Norddeutsche Allgemeine Zeitung" vom 20. August 1881 (Abend-Ausgabe) enthält in ihrem Feuilleton eine „Original-Korrespondenz" über „die Ausstellung für Elektricität in Paris", in welcher wörtlich die folgende Stelle vorkommt:

„Hier ist es Deutschland und wieder Deutschland, welches allen andern Völkern voranleuchtet, und speciell auch in Bezug auf die Elektricitätswissenschaft verdankt die Welt die vielen grossartigen Erfolge und Erfahrungen, welche die Elemente und Probleme erforschten und ergründeten, während sie ihnen dann freilich oft von flinken und findigen Kollegen des

[1]) Vgl. Gauss's Werke Bd. V. S. 524.

Auslandes annektirt und für die praktische Verwerthung schnell benutzt wurden. Es wird in dieser Hinsicht Sache des Kongresses sowie der praktischen Experimentirversuche sein, welche von Gelehrten im engeren Kreis ausgeführt werden sollen, um hier einmal mit Unparteilichkeit den Beweis zu liefern, dass das bescheidene Deutschland, welches — man möchte sagen „„leider““ — jede Reclame vermeidet, in erster Linie die Heimath und der eigentliche Hort dieser Wissenschaft und der erfolgreichsten Studien ist. . . .

Doch auch die deutsche Presse muss es als Ehrenpflicht auffassen, bei dieser günstigen Gelegenheit einmal ein offenes, entschiedenes Wort zu sprechen und energisch eine Lanze einzulegen für den rechtlich erworbenen Ruhm und für die hohe Bedeutung der deutschen Wissenschaft und Gelehrtheit. Es bleibt nur zu wünschen, dass sich eine Anzahl unserer berühmten Gelehrten und Fachkapazitäten entschliessen hierher zu kommen, um dem Elektrikerkongress beizuwohnen. Bis jetzt ist mit Bestimmtheit nur auf die Anwesenheit unseres Generalkommissars Herrn Geheimrath Elsasser, des Herrn Professors Wiedemann aus Leipzig und des Professors Dubois-Reymond zu rechnen. Letzterer wird vorläufig in geeignetster Weise speciell für das physiologische Institut von Herrn Professor Christiani vertreten.

Sigismund von Kleist.“

Da Herr von Kleist in seiner „Unparteilichkeit“ vergessen hat, auch nur den Namen Wilhelm Weber's in seinem Aufsatze anzuführen — offenbar, weil Wilhelm Weber von ihm als Vertreter des „bescheidenen Deutschland“ betrachtet wird, „welches — man möchte sagen „„leider““ — jede Reclame vermeidet“, so wird es mir erlaubt sein, diese „Reclame“ zu übernehmen, um hierdurch einem in Deutschland so allgemein empfundenen Bedürfnisse Abhülfe zu verschaffen. Dass Wilhelm Weber von meiner „Reclame“ ebensowenig vor dem Erscheinen dieses Bandes das Geringste erfahren hat wie die Herren E. du Bois Reymond, G. Wiedemann und Christiani von der für sie in meinen „Wissenschaftlichen Abhandlungen“[1]) gemachten „Reclame“, brauche ich meine Leser nicht besonders zu versichern.

Leipzig, am 2. September 1881.

F. Zöllner.

[1]) Vgl. Bd. I. S. 589 „Ueber Emil du Bois-Reymond's Grenzen des Naturkennens.“ Bd. II. Thl. 1. S. 217. Thl. 2. S. 1079.

Ueber die universelle Bedeutung der mechanischen Principien.

Akademische Antrittsvorlesung

gehalten

in der Aula der Universität Leipzig

am 15. December 1866.

Hochgeehrte Versammlung!

Es giebt in der Geschichte der Naturwissenschaften gewisse Epochen, in denen das Interesse an den Resultaten von Einzelforschungen den engen Kreis der Fachgenossen weit überschreitet. Entweder eröffnen alsdann die Resultate jener Forschungen der industriellen Thätigkeit unerwartet neue Bahnen und werden so für viele Tausende die Quelle materiellen Wohlstandes, oder sie befriedigen ein höheres, mehr ideales Bedürfniss unserer Natur, — das Bedürfniss, in dem bunten Wechsel der uns umgebenden Erscheinungen ein Band der Einheit und Gesetzmässigkeit zu suchen.

Während in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts die naturwissenschaftlichen Entdeckungen vorzugsweise nach jener materiellen Seite die Aufmerksamkeit aller civilisirten Völker in Anspruch nahmen, so scheinen sie gegenwärtig, in der zweiten Hälfte, dieses Interesse mehr durch die Befriedigung jenes philosophischen Bedürfnisses nach Einheit in der Mannigfaltigkeit, — nach dem Beharrlichen im steten Wechsel erlangen zu sollen.

Der Dampf und die Elektricität haben die natürlichen Schranken des Raumes und der Zeit durchbrochen, und mitten in sturmbewegten Tagen hat die elektrische Telegraphie ihren jüngsten und höchsten Triumph in der Vereinigung der alten und neuen Welt gefeiert.

Der tiefgreifende Einfluss, welchen diese Errungenschaften auf die Gestaltung unseres modernen Culturlebens ausüben, ist allgemein anerkannt und vielfach in beredten Worten geschildert worden.

Nicht minder mächtig aber ist der Einfluss, welchen die auf naturwissenschaftlichem Gebiete allmälig gewonnenen allgemeinen Principien und ihre fortschreitend empirische Be-

stätigung auf unsere Vorstellungen von der Einheit und dem innigen Zusammenhange aller Naturerscheinungen ausgeübt haben. — Diesen Einfluss in den wesentlichsten Momenten seiner geschichtlichen Entwickelung darzustellen und bis in die neuesten Entdeckungen auf dem Gebiete der Physik und Astronomie zu verfolgen, habe ich mir als Aufgabe meiner heutigen Vorlesung festgesetzt, mit welcher ich das mir an hiesiger Universität übertragene Amt vorschriftsmässig anzutreten habe.

Das Bedürfniss nach einer einheitlichen Auffassung der Natur und der geheimnissvolle Reiz, von dem die Befriedigung dieses Bedürfnisses begleitet ist, offenbarte sich schon beim ersten Erwachen des menschlichen Genius. Jene ersten, griechischen Naturphilosophen, welche den Ursprung aller Dinge aus einem ihrer sogenannten Elemente abzuleiten versuchten, geben uns das erste Beispiel von dem Bedürfniss einer deductiven Auffassung der Natur. Die Befriedigung desselben war aber nur eine scheinbare; denn jene unbestimmten Begriffe des Festen, Feuchten oder Feurigen, aus denen die Erscheinungen abgeleitet werden sollten, sind nur ganz oberflächliche Verallgemeinerungen sinnlicher Empfindungen und nicht die Resultate einer durch messende Beobachtungen fortschreitenden Induction, durch welche allein jene allgemeinen Ausdrücke gewonnen werden, die eine grosse Mannigfaltigkeit gesonderter Erscheinungen zu einer begrifflichen Einheit, in Form eines Gesetzes zusammenfassen.

Die einfachsten und zugleich grossartigsten Erscheinungen, welche sich der menschlichen Betrachtung darboten, waren die Bewegungen der Himmelskörper. Die Regelmässigkeit und das Rhythmische in der Wiederkehr ihrer Erscheinungen bildete daher schon früh den Gegenstand ernsteren Nachdenkens aller Culturvölker.

Man hatte es hier nur mit räumlichen und zeitlichen Grössen ihrer Quantität nach zu thun, und wurde nicht, wie in dem bunten Wechsel irdischer Erscheinungen, gleichzeitig auch noch durch qualitative Veränderungen in der Trennung des Wesentlichen vom Unwesentlichen gestört. Allein

trotz der erhabenen Einfalt und Offenheit, mit welcher die Natur hier ihre Geheimnisse vor unsern Blicken entfaltet hat, liefert sie doch gerade hier den ältesten Commentar zu der bekannten Wahrheit, dass der Schein trügt. Denn in der That, die ganze Geschichte der Astronomie erzählt uns im Wesentlichen nichts Anderes als die langsame und mühevolle Befreiung von jenem Scheine, mit dem die unmittelbar sinnliche Wahrnehmung unseren Geist umfängt.

Und doch galt es hierbei nur, die durch Beobachtungen gefundenen Grössen durch diesen vollkommen gleichartige Grössen zu interpretiren. Es sollten für die scheinbaren die wahren Ortsveränderungen der Himmelskörper gefunden und jene als die nothwendige Folge der letzteren hingestellt werden. Man glaubte nicht an die Realität der so mannigfach verschlungenen und verzerrten Bahnen der Planeten und ging mit der festen Ueberzeugung von dem Vorhandensein einfacherer Bewegungen an die Lösung des Problems.

Zeigte doch schon die tägliche Erfahrung, wie verschiedenartig und mannigfach die Gestalten der Körper durch den Standpunkt, von dem wir sie betrachten, verändert werden. — Ein Kreis erscheint seitlich gesehen als Ellipse, und wenn auf dem Umfange des Kreises eine Kugel mit gleichförmiger Geschwindigkeit einherliefe, so würde auch diese Gleichförmigkeit der Bewegung bei seitlicher Betrachtung verändert erscheinen.

Die Gesetze dieser Veränderungen liessen sich auf dem Wege mathematischer Betrachtungen feststellen, und da sie gleichzeitig *a priori* als Gesetze unseres räumlichen Vorstellens erkannt wurden, so musste ihre Gültigkeit eine ausnahmslose sein. Mag der soeben betrachtete Kreis zum Durchmesser einen Zoll oder einige Billionen Meilen haben, — die Gesetze der perspectivischen Verkürzung müssen bei beiden Kreisen dieselben sein.

Indem man diese Gesetze auf die scheinbaren Bahnen der Himmelskörper übertrug, gelang es allmälig ihre wahren zu finden; — die von Kepler entdeckten drei grossen Gesetze enthalten den wesentlichen Ausdruck dieser Bewegungen.

Jene Gesetze waren rein empirisch auf dem Wege einer fortschreitenden Induction gefunden und befriedigten, so weit die Genauigkeit der damaligen Beobachtungen reichte, das Bedürfniss der Deduction. Denn man war im Stande die scheinbar so unregelmässigen Bahnen der Planeten mit Hülfe logisch-mathematischer Schlussreihen als eine nothwendige Folge aus jenen drei Gesetzen abzuleiten.

Aber dennoch war hierdurch das unserem Geiste eigenthümliche Causalgesetz, welches unerbittlich für jede Veränderung in der Natur einen zureichenden Grund verlangt, zunächst nur formell befriedigt. Ueber die physische Ursache, weshalb die Planeten in Ellipsen um die Sonne sich bewegen und hierbei in ihrer Geschwindigkeit so merkwürdige Beziehungen zum Abstande von diesem Centralkörper zeigen, darüber sagen jene Gesetze direct noch Nichts aus.

Welche Eigenschaft sollte man aber als Ursache dieser Beziehungen bei so weit von uns entfernten Körpern voraussetzen, über deren Natur und physische Beschaffenheit man durch die unübersteigliche Kluft jener Entfernungen für immer zur Unkenntniss verurtheilt zu sein schien?

Bei der Interpretation der scheinbaren Bewegungen durch die wahren handelte es sich nur um die Uebertragung von *a priori* bestimmbaren Gesetzen unseres räumlichen Vorstellens auf die ungeheuren Räume des Weltalls, welche sich als solche unserer unmittelbaren Anschauung entziehen. Aber Niemand vermag an der Gültigkeit jener Gesetze auch für solche Dimensionen zu zweifeln.

Anders verhält es sich mit den physischen Eigenschaften der Körper; diese lassen sich nicht *a priori* erkennen, sondern nur durch Beobachtungen und Versuche ermitteln. Bei diesen Versuchen sind wir jedoch lediglich auf irdische Körper angewiesen, und es mag in der That anfangs ebenso gewagt erscheinen, die hier gefundenen physischen Eigenschaften auf die Himmelskörper zu übertragen, als es paradox sein würde, die geometrischen Eigenschaften irdischer Gebilde auf die Bahnen der Himmelskörper — nur ihrer räumlichen Verschiedenheit wegen — nicht zu übertragen. Und doch blieb kein anderer als der erste Weg übrig, falls man über-

haupt nicht auf die Beantwortung der Frage nach der physischen Ursache verzichten wollte, durch welche so merkwürdige Bewegungsverhältnisse zwischen der Sonne und den sie umkreisenden Planeten bedingt sind.'

Schon Kepler's grosser Vorgänger Copernicus hatte der Erde im Weltall eine Stellung angewiesen, in welcher sie, wie die übrigen Planeten, nur als Glied in dem grossen Organismus des Sonnensystems erschien. Die Gesetze Kepler's hatten alsdann diese Uebereinstimmung auch auf die feineren Einzelheiten in den Bewegungsverhältnissen der Erde und der Planeten ausgedehnt. Sollte man nun nicht noch einen Schritt weiter gehen und als Ursache dieser Bewegungsverhältnisse den bewegten Körpern eine Eigenschaft beilegen, welche an der Oberfläche unserer Erde alle Bewegungen bedingt oder doch beeinflusst? — Diese Eigenschaft ist die sogenannte Schwerkraft, vermöge deren jeder Körper dem Mittelpuncte der Erde zustrebt; sie ertheilt dem fallenden Steine in jedem Augenblicke eine ganz bestimmte Geschwindigkeit, sie schreibt ihm, sobald er empor geschleudert wird, eine besondere Bahn vor und regelt die Geschwindigkeit in allen Theilen dieser Bahn. Es lohnte sich daher wohl der Mühe, diese Kraft auch als eine Eigenschaft der Sonne und der übrigen Planeten vorauszusetzen und ihren Wirkungskreis soweit auszudehnen, als zu einer gegenseitigen Beeinflussung der Bewegungsverhältnisse jener Körper erforderlich schien.

Dieser Versuch, eine physische Eigenschaft unserer Erde auf die Himmelskörper zu übertragen und deren Bewegungen als eine Folge jener Eigenschaft darzustellen, war von dem glänzendsten Erfolge gekrönt, und es ist bekanntlich das unsterbliche Verdienst Newton's, diesen Versuch zuerst gewagt zu haben.

Die Kepler'schen-Gesetze erschienen jetzt als ein Ausfluss des allgemeinen Gravitationsprincips, vermöge dessen sich alle Körper im Weltall im Verhältniss ihrer Masse und im umgekehrten Verhältniss des Quadrates ihrer Entfernung anziehen. Mit Hülfe dieses Princips und dem der sogenannten Trägheit der Materie, vermöge welcher kein Körper seinen

Bewegungszustand ohne Einfluss einer Kraft zu ändern vermag, gelang es nun, alle Bewegungserscheinungen am Himmel bis in die grössten Einzelheiten herab darzustellen. Es war also eine Einheit gefunden, welche die mannigfaltigsten und verwickeltsten Erscheinungen in eine kurze Formel zusammenfasste und hierdurch das Bedürfniss nach deductiver Erkenntniss in einer Vollkommenheit befriedigte, wie dies auf keinem andern Gebiete menschlicher Forschung bis dahin der Fall gewesen war.

Das frohe und beglückende Gefühl, welches sich mit der Befriedigung jenes Bedürfnisses nach Einheit verbindet, scheint in verschiedenen Individuen um so vollkommener entwickelt, je höher die intellectuelle Begabung ist. Denn wie gewaltig die psychische Erregung Newton's bei der Entdeckung seines Princips gewesen sein muss, erhellt aus der bekannten Erzählung, nach welcher er nicht im Stande gewesen sein soll, seine Rechnungen zu beenden, die ihm schon vor ihrer Vollendung die Richtigkeit seiner Schlüsse mit steigender Gewissheit verriethen. Er war genöthigt, einem zufällig eintretenden Freunde den nur noch kurze Zeit erfordernden Schluss seiner Rechnungen anzuvertrauen.

„Der Einfluss eines solchen Resultates auf einen solchen Geist", sagt Sir David Brewster als Biograph seines grossen Landsmannes, „kann mehr gedacht als beschrieben werden. Das ganze materielle Universum lag offen vor ihm; — die Sonne mit allen ihr angehörenden Planeten; — die Planeten mit allen ihren Trabanten; — die Kometen, welche in jeder Richtung in ihren excentrischen Bahnen rollen; — und die Systeme der Fixsterne, die sich bis in die entferntesten Grenzen des Raumes erstrecken. — Mit einem Worte, alle die mannigfaltigen und verwickelten Bewegungen der Himmelskörper mussten sich auf einmal seinem Geiste als das nothwendige Resultat des Gesetzes darstellen, welches er in Beziehung auf die Erde und den Mond bewiesen hatte."

Seit der Entdeckung dieses Gesetzes sind gegenwärtig gerade 200 Jahre verflossen und während dieses Zeitraumes hat die beobachtende und rechnende Astronomie eine fortdauernde Reihe von Bestätigungen für dasselbe geliefert.

Ja noch mehr, man ist mit seiner Hülfe im Stande gewesen, aus den eigenthümlichen Bewegungsverhältnissen des Planeten Uranus auf den Ort und die Masse eines noch unbekannten Planeten zu schliessen, und diesen Schluss durch die Entdeckung des Neptun an der am Himmel im Voraus berechneten Stelle bestätigt zu sehen.

Wenden wir uns jetzt von den Bewegungserscheinungen am Himmel zu den Veränderungen in unserer unmittelbaren Nähe auf der Erde und untersuchen, wie weit auch hier unser Bedürfniss nach einer deductiven Erkenntniss durch den gegenwärtigen Standpunct der Wissenschaft befriedigt wird.

Hier tritt uns zunächst eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit in der Qualität der Erscheinungen entgegen, im Vergleich zu den einfachen Grössen des Raumes und der Zeit am Himmel, welche der ausschliessliche Gegenstand der Beobachtungen zur Ermittelung des Princips der allgemeinen Gravitation gewesen sind. So verschiedenartig aber auch die Phänomene sein mögen, die wir als Schall, Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus und chemischen Prozess bezeichnen, — es deuteten doch sehr wesentliche Umstände auf eine innere Beziehung derselben hin.

Die Scheibe der Elektrisirmaschine, welche unsere Hand bewegte, konnte man sich auch durch eine kleine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt denken, und dann erzeugte man mit Hülfe eines chemischen Prozesses — nämlich der Verbrennung von Kohle unter dem Dampfkessel — Wärme, mit Hülfe dieser mechanische Bewegung und Elektricität, welche letztere beim Ueberschlagen des elektrischen Funkens wiederum die Ursache von Schall-, Licht- und Wärmeerscheinungen wurde. Eine feine, mit einem isolirten Draht umwundene Stahlnadel verwandelt sich in einen Magneten, sobald durch jenen Draht eine elektrische Entladung geleitet wird, und so ist man im Stande, von einer der angeführten Erscheinungen ausgehend, alle anderen hervorzurufen. Es musste also auch ein gewisser Zusammenhang zwischen denselben stattfinden.

Worin besteht nun dieser Zusammenhang, und was ist es, was all' den verschiedenen Erscheinungsformen, die uns als Schall, Licht und Wärme, Elektricität, Magnetismus und

chemische Wirkungen entgegentreten, Gemeinsames zu Grunde liegt? — Die Antwort, welche hierauf die neuere Physik ertheilt, lautet einfach: „Bewegung".

Ist es auch bis jetzt noch nicht gelungen, hierbei gänzlich von der Qualität des Bewegten zu abstrahiren, so steht doch so viel fest, dass es überall die Bewegungen eines bestimmten Etwas sind, welche durch Vermittelung der Sinnesorgane in uns die Vorstellung jener verschiedenartigen Phänomene hervorrufen. — Mag das Bewegte ein luftförmiger Körper sein, wie beim Schall, oder der sogenannte Aether, wie beim Lichte und der strahlenden Wärme, oder mag es ein elektrisches Fluidum sein — in jedem dieser Fälle ist es wenigstens gelungen, die Erscheinungen auf Bewegungen von Theilchen zurückzuführen, welche mit Anziehungs- und Abstossungskräften ausgerüstet sind, und vermöge dieser Kräfte aufeinander wirken. Es besteht also hier eine ähnliche Beziehung zwischen den bewegten Theilchen und ihren Kräften, wie zwischen den Himmelskörpern und der allgemeinen Gravitation. Der Unterschied ist im Wesentlichen nur ein quantitativer und erstreckt sich z. B. bei den Erscheinungen des Lichtes, der Wärme und chemischen Action auf so kleine Abstände, dass man nicht mehr im Stande ist, dieselben zu messen. — Man hat daher diese Art von Kräften, welche zwischen den kleinsten Theilchen der Körper auf unmessbar kleine Entfernungen thätig sind, mit dem Namen Molecularkräfte belegt. Zwar ist das Gesetz der gegenseitigen Einwirkung hier verschieden von dem der allgemeinen Schwere; die Stärke dieser Einwirkung scheint in einem viel schnelleren Verhältniss mit der Entfernung abzunehmen, als dies bei ersterer der Fall ist. Aber dieser Unterschied ist nicht so wesentlicher Natur, als dass er uns verhindern könnte, die Frage aufzuwerfen, ob zwischen den Bewegungen der grossen Massen, welche unter dem Einflusse der allgemeinen Schwere vor sich gehen, und den erwähnten Bewegungen der kleinsten Theilchen unter dem Einflusse der Molecularkräfte, nicht gewisse Beziehungen stattfinden, die geeignet wären, zwischen diesen so verschiedenen Erscheinungsgebieten in der Natur eine Verbindung und Einheit herzustellen.

Zur näheren Untersuchung dieser Frage wollen wir uns an einem bestimmten Beispiele und unter gewissen, beschränkenden Annahmen den Unterschied zwischen den beiden Bewegungsformen zu veranschaulichen suchen; ihre Uebereinstimmung gerade in den wesentlichsten Puncten wird sich alsdann von selbst ergeben.

Wir denken uns alle Körper bestehend aus sehr kleinen Massentheilchen, welche vermöge der vorher erwähnten Molecularkräfte eine wechselseitige Einwirkung ausüben, von deren besonderer Beschaffenheit die Eigenschaften der Körper abhängen. Jeder Himmelskörper stellt uns demnach ein Aggregat, eine gewisse Summe solcher, durch Molecularkräfte verbundener Massentheilchen dar, von denen jedes nach Maassgabe der Bewegung des Himmelskörpers eine bestimmte Geschwindigkeit besitzt. So besitzt z. B. ein jedes Massentheilchen unserer Erde eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Secunde, da die Erde mit dieser Geschwindigkeit im Laufe eines Jahres ihren Weg um die Sonne zurücklegt. Lässt man hierbei die Umdrehung der Erde um ihre Axe unberücksichtigt, so beschreibt jedes ihrer Theilchen in derselben Zeit eine grosse, nahezu kreisförmige Ellipse um die Sonne.

Eine solche in Bewegung begriffene Masse repräsentirt uns nun eine bestimmte Wirkungsgrösse, denn wir können uns ihre Bewegung durch Stoss auf andere Körper übertragen und dadurch andere Wirkungen hervorgebracht denken. Es ist aber klar, dass die Grösse dieser Wirkung bei derselben Masse lediglich durch ihre Geschwindigkeit bedingt ist. Wenn wir daher im Gedanken den einzelnen Massentheilchen unserer Erde anders gestaltete Bahnen, z. B. die Gestalt ganz kleiner Kreise anweisen, und wir nur dafür Sorge tragen, dass die Geschwindigkeit ihrer Bewegung in diesen Bahnen dieselbe wie vorher auf ihrem gemeinsamen Wege um die Sonne bleibt, so würde uns die ganze Masse der Erde auch dieselbe Wirkungsgrösse nur in anderer Form repräsentiren. Es ist aber einleuchtend, dass, wenn ein jedes Theilchen der Erde an Stelle der oben betrachteten Bahn um die Sonne lediglich nur einen sehr kleinen Kreis beschriebe, alsdann die Erde in ihrer Bahn um die Sonne stillstehen würde.

Wir hätten jedoch dann für die fortschreitende Massenbewegung der Erde ein Aequivalent in den kreisförmigen Bewegungen ihrer kleinsten Theilchen.

Ein solcher Zustand innerer Bewegung eines Körpers macht sich nun in bestimmter Weise unseren Sinnen bemerklich. Die Untersuchungen über die Natur des Lichtes und der Wärme haben gezeigt, dass dieselben in solchen Molecularbewegungen bestehen. Es giebt sogar gewisse Strahlen, die sogenannten kreisförmig-polarisirten, wo in der That die bewegten Theilchen mit ausserordentlich grosser Geschwindigkeit kleine Kreise beschreiben, in ähnlicher Weise, wie wir dies oben von den Massentheilchen der Erde vorausgesetzt haben. Man ist auch im Stande anzugeben, wie oft bei einer bestimmten Farbe ein solcher Kreis von den bewegten Aethertheilchen in einer Secunde durchlaufen wird, und hat z. B. gefunden, dass dies bei einem bestimmten gelben Strahle nicht weniger als 526 Billionen Mal stattfindet. Freilich weiss man über die Grösse jener kreisförmigen Bahnen nur so viel anzugeben, dass dieselben ausserordentlich klein sind und weit unter jener Grenze liegen, welche unseren Messungen zugänglich ist.

Hieraus folgt, dass auch die Geschwindigkeit der in Kreisen bewegten Theilchen eines solchen Lichtstrahls unbekannt ist.

Wir wollen aber einmal annehmen, diese Geschwindigkeit betrage an einer bestimmten Stelle des Strahles 4 Meilen in der Secunde und stimme also etwa mit der Geschwindigkeit unserer Erde in ihrem Laufe um die Sonne überein. Unter dieser Voraussetzung ergiebt sich für den Durchmesser der fraglichen Bahn des bewegten Theilchens ungefähr der 50millionste Theil eines Millimeters, also eine Grösse, welche sich in der That jeder directen Wahrnehmung entziehen muss. Legten wir daher den kleinsten Theilchen unserer Erde eine solche Bewegung an Stelle ihrer fortschreitenden bei, so erschiene der Erdkörper zwar äusserlich unbewegt, müsste uns aber dafür die innere vibrirende Bewegung seiner kleinsten Theile nothwendig durch die Entwickelung von Licht und Wärme verrathen.

Es gehört zu einer der folgenreichsten Errungenschaften der neueren Physik, die hier angedeutete und nur im Allgemeinen veranschaulichte Beziehung zwischen den sichtbaren Ortsveränderungen der Körper und ihren Licht- und Wärmeerscheinungen zu einer wissenschaftlichen Thatsache erhoben zu haben.

Die Verwandlung von Wärme in mechanische Bewegung findet bei allen unseren Dampfmaschinen statt, und umgekehrt, wird die mechanische Bewegung, die ein Körper z. B. unter dem Einflusse der Schwere beim freien Falle erlangt, plötzlich durch einen Widerstand gehemmt, so erhitzt sich dieser Körper. Diese Erhitzung oder Wärmeentwickelung steht nun in einem ganz bestimmten Verhältniss zu der durch den Widerstand vernichteten Bewegungsgrösse; sie würde nämlich gerade ausreichen, dem Körper wieder eine Geschwindigkeit zu ertheilen, vermöge deren er sich im entgegengesetzten Sinne der Schwerkraft zu derselben Höhe erhöbe, von welcher er herabgefallen, die vorher vernichtete und in Wärme verwandelte Bewegungsgrösse erlangt hatte.

Nach den Messungen des englischen Physikers Joule entspricht die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein bestimmtes Gewicht Wasser von 0^0 — 1^0 der hunderttheiligen Thermometerscale zu erwärmen, einer Bewegungsgrösse, welche eine Masse von demselben Gewichte erlangt, wenn sie aus einer Höhe von 423,5 Meter unter dem Einfluss der Schwere frei herabfällt[1]).

Man nennt diese Bewegungsgrösse das mechanische Aequivalent der Wärme und kann mit ihrer Hülfe durch eine sehr einfache Rechnung die einer beliebigen Be-

[1]) Dass unserem berühmten Landsmanne Dr. Robert Mayer von Heilbronn das Verdienst zukommt, zuerst im Jahre 1842 für diese Beziehung zwischen Wärme und mechanische Bewegung einen numerischen Werth abgeleitet zu haben, ist von mir ausführlich im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" erörtert und gleichzeitig hiebei darauf hingewiesen worden, dass die geniale Anwendung dieses Princips auf kosmische Processe das ausschliessliche, von keinem Mitbewerber bestrittene, Eigenthum Mayer's ist. (Vergl. „die wissenschaftl. Beilagen".)

wegungsgrösse entsprechende Wärmemenge und umgekehrt leicht bestimmen.

Wenden wir diese Berechnung beispielsweise auf unsern Erdkörper an, dessen Bewegungsgrösse nach dem vorher Bemerkten bekannt ist, so ergiebt sich, dass durch eine plötzliche Vernichtung dieser Bewegung, etwa durch den Zusammenstoss mit einem anderen Weltkörper, so viel Wärme entwickelt werden würde, als die Verbrennung von 14 Erdkugeln aus reiner Kohle zu erzeugen im Stande wäre. Die Temperaturerhöhung, welche die Erde hierdurch selbst unter den ungünstigsten Annahmen erfahren würde, betrüge nicht weniger als 112000 Grade, eine Temperatur, von der wir uns gar keine Vorstellung machen können und bei der jedenfalls die Mehrzahl der Stoffe unter der intensivsten Lichtentwickelung geschmolzen und verflüchtigt werden würde.

Diese und ähnliche Berechnungen, welche wir J. R. Mayer, Joule, Helmholtz u. A. verdanken, führen nothwendig zu der Annahme, dass die Licht- und Wärmeentwickelung der Himmelskörper Erscheinungen sind, die in bestimmter Weise mit ihren Bewegungserscheinungen verglichen werden können. Nur in der Beschaffenheit unserer Sinne liegt es, dass wir jene kleinen, unsichtbaren Bewegungen der Materie als besondere Qualitäten von Wirkungen auffassen und nicht in ihnen die Elemente des Raumes und der Zeit, wie in den sichtbaren Bewegungen der Körper, wiedererkennen. Dennoch haben wir gesehen, dass auch jene Molecularbewegungen in ähnlicher Art unter dem Einfluss von Kräften stattfinden, wie die Bewegungen der Himmelskörper unter dem Einfluss der allgemeinen Gravitation. Der Unterschied bestand nur in der Form und Grösse der durchlaufenen Bahnen und in der Beschaffenheit des Gesetzes, nach welchem die gegenseitige Einwirkung der bewegten Theilchen erfolgt.

Es lässt sich nun aber unabhängig von der besonderen Form dieses Wirkungsgesetzes eine allgemeine und sehr einfache Beziehung aussprechen, welche zwischen jenen Kräften und den durch sie hervorgebrachten Wirkungen jederzeit bestehen muss. — Ich will versuchen, diese Be-

ziehung hier unabhängig von mathematischen Betrachtungen in ihren Hauptzügen zu entwickeln.

Gehen wir von der Annahme aus, dass die Anzahl der in der Natur vorhandenen Massentheilchen constant ist, und die einem jeden dieser Theilchen innewohnenden Centralkräfte unveränderlich sind, so folgt hieraus, dass der in der Natur vorhandene Kraftvorrath ebenfalls constant sein muss.

Betrachten wir nun eine Kraft ganz allgemein als Ursache irgend einer materiellen Veränderung und denken uns diese Ursache als stetig in der Zeit wirksam, so muss der in einem bestimmten Zeitpuncte stattfindende Zustand eines Körpers als das Resultat oder die Summe aller der Veränderungen aufgefasst werden, welche jene Kraft im Laufe der verflossenen Zeit an ihm hervorgebracht hat. Jener Zustand des Körpers repräsentirt uns demgemäss ein Aequivalent für die in der Vergangenheit liegende und deshalb verbrauchte Kraftsumme, im Gegensatz zu der noch vorhandenen, von der alle zukünftigen Veränderungen des Körpers abhängen. Dehnt man daher diese Schlussreihe auf alle vorhandenen Körper aus, und bezeichnet die Zustände derselben, insofern sie als Aequivalente für die Summe der verbrauchten Kräfte betrachtet werden können, mit dem Namen Wirkungen, dagegen die noch vorhandenen und noch nicht in Wirkungen verwandelten Kräfte mit dem Namen Ursachen, so lässt sich als Consequenz der obigen Prämissen und des *a priori* gegebenen Causalgesetzes, nach welchem jede Veränderung einen zureichenden Grund haben muss, der folgende Satz aussprechen:

Die Summe der in der Welt vorhandenen Ursachen und Wirkungen ist jederzeit constant.

Dieser allgemeine Satz, den ich hier als eine logische Consequenz des Causalgesetzes hinzustellen versucht habe, kann für unsere Zwecke, wo es sich nur um Bewegungsursachen handelt, die in der Verbindungslinie der bewegten Massentheilchen wirken, noch bestimmter ausgedrückt werden. Es fragt sich nur, was man hier unter jenem Zustande eines bewegten Körpers zu verstehen habe, welcher ein Aequivalent für die Summe der verbrauchten Kräfte darstellen soll. —

Sehr einfache Betrachtungen in der Mechanik zeigen, dass man als Ausdruck jenes Zustandes das halbe Product aus der Masse und dem Quadrate der Geschwindigkeit des bewegten Körpers zu wählen habe, eine Grösse, welche mit dem Namen der lebendigen Kraft bezeichnet wird.

Die noch nicht in Wirkung getretene Kraftsumme hat man mit dem Namen potentieller oder Spannkraft belegt, weil ein Körper, der unter dem Einflusse einer Kraft steht und durch einen Widerstand verhindert ist, dem Zuge jener Kraft durch seine Bewegung Folge zu leisten, einen gewissen Druck oder eine Spannung auf seine Unterlage ausübt.

Unter dieser Voraussetzung können wir nun unseren Satz bestimmter so aussprechen:

Die Summe der vorhandenen lebendigen und Spannkräfte ist stets constant.

In dieser Form ist der Satz vor 20 Jahren zum ersten Male von Helmholtz aufgestellt und als Princip von der Erhaltung der Kraft bezeichnet worden.

Das allgemeine Naturgesetz, um welches es sich hierbei handelt, war zwar schon fünf Jahre früher, im Jahre 1842 von dem deutschen Arzte J. R. Mayer in Heilbronn in einer kleinen Abhandlung unter dem Titel „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur" richtig aufgefasst und ausgesprochen worden.

Ebenso hatte im Jahre 1843 der Däne Colding der Akademie zu Kopenhagen eine Abhandlung übergeben, welche dasselbe Gesetz behandelte und auch einige Versuchsreihen zu seiner weiteren Begründung enthielt. — Auch in England wurden von dem Physiker Joule um dieselbe Zeit ähnliche Versuche angestellt. — Nichtsdestoweniger gebührt Helmholtz das unsterbliche Verdienst, durch seine im Jahre 1847 erschienene Abhandlung „über die Erhaltung der Kraft" jenes Princip in seiner ganzen Allgemeinheit zuerst auf alle Gebiete unserer Naturerkenntniss wirklich angewandt und hauptsächlich durch die mathematische Präcision der dabei zur Sprache kommenden Begriffe fruchtbar gemacht zu haben. In der That hat sich auch der am Schlusse dieser Abhandlung befindliche Ausspruch, dass die vollständige Bestätigung jenes

Princips wohl als eine der Hauptaufgaben der nächsten Zukunft der Physik betrachtet werden müsse, im Laufe der letzten 20 Jahre auf's Glänzendste bewahrheitet.

Vor Allem ist dies in der Lehre von der Wärme der Fall gewesen, deren innere Natur gegenwärtig ebenso bestimmt als eine Bewegung der kleinsten Theilchen eines Körpers erkannt worden ist, als dies schon früher bei den Erscheinungen des Schalles und des Lichtes der Fall gewesen ist.

Die theoretischen Folgerungen, welche sich aus dieser Annahme ergeben, sind unter dem Namen der mechanischen Wärmetheorie bekannt, deren weitere Ausbildung durch die Untersuchungen von Joule, Clausius, Thomson und anderer Physiker rüstig fortschreitet.

Aber auch auf anderen Gebieten hat sich die Fruchtbarkeit jenes Satzes von der Erhaltung der Kraft bewährt, und so verlockend es auch sein mag, auf die sich hieraus ergebenden Folgerungen näher einzugehen, so genügt es für unsere Zwecke, die Existenz eines allgemeinen Princips nachgewiesen zu haben, welches sich unter gewissen Voraussetzungen auf alle materiellen Veränderungen erstreckt, und aus welchem sich demgemäss auf dem Wege der Deduction gesetzmässige Beziehungen zwischen diesen Veränderungen ableiten lassen. Es wird hierdurch, wie wir gesehen, eine Verbindung hergestellt zwischen den sichtbaren Ortsveränderungen der Körper, die uns am Grossartigsten in den Bewegungen der Himmelskörper entgegentreten, und den unsichtbaren Ortsveränderungen der kleinsten Körpertheilchen, die uns in ihrer Gesammtheit als besondere Qualitäten an den Körpern erscheinen und dann als Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus und chemische Action bezeichnet werden. —

Die Ableitung des Princips von der Erhaltung der Kraft abstrahirt nun aber, wie gezeigt, gänzlich von der besonderen Beschaffenheit der Bewegungen und lässt demgemäss auch die Natur des Wirkungsgesetzes zwischen den bewegten Theilchen vollkommen unbestimmt. — Gerade diesem Umstande verdankt es seine Allgemeinheit und umfasst ebensowohl die Bewegungen der Himmelskörper, welche unter dem Einflusse eines ganz bestimmten Wirkungsgesetzes stattfinden, als

auch die Bewegungen der kleinsten Körpertheilchen, bei denen uns die Natur dieser Gesetze noch unbekannt ist. — Indessen können, nach den bisher gemachten Voraussetzungen, die Qualitäten der Körper, d. h. die verschiedenen Wirkungen, welche sie auf unsere Sinne und auf andere Körper ausüben, nur von der besonderen Beschaffenheit jener Gesetze abhängen, unter deren Einfluss die besprochenen Molecularbewegungen vor sich gehen. Soll daher die Natur dieser Gesetze ergründet werden, so wird sich dies im Wesentlichen nur in derselben Weise bewerkstelligen lassen, wie in der Mechanik der sichtbaren Bewegungen; d. h. es muss zunächst durch Beobachtungen und Experimente die Beschaffenheit der kleinen Bewegungen näher festgestellt und alsdann hieraus das Gesetz der wirkenden Centralkräfte abgeleitet werden.

Diese Aufgabe ist indessen keine leichte; denn es können hier nicht, wie in der Mechanik des Himmels, die Bewegungen unmittelbar durch Ortsbestimmungen der bewegten Massen ermittelt werden, sondern man ist gezwungen, durch Interpretation gewisser Erscheinungen auf Umwegen, vermittelst complicirter Schlussreihen, die Beschaffenheit der stattfindenden Molecularbewegungen zu erforschen. — Obschon unsere Erkenntniss auf diesem Gebiete noch eine sehr unvollkommene und in der ersten Entwickelung begriffene ist, so habe ich doch bereits früher erwähnt, dass man im Stande ist, bestimmte Angaben über die Bewegung der einzelnen Theilchen eines Lichtstrahles zu machen. Aus gewissen optischen Erscheinungen lässt sich nämlich bestimmen, ob die Bahn eines solchen Theilchens eine gerade Linie, eine Ellipse oder ein Kreis sei, und wie oft und nach welcher Richtung diese Bahnen in einer bestimmten Zeit durchlaufen werden. Alle diese Bewegungsverhältnisse eines Lichtstrahles sind der gesetzmässige Ausdruck besonderer Qualitäten der Lichtquelle und derjenigen Stoffe, welche der Strahl auf seinem Wege zum Auge passiren musste, und man schliesst deshalb im Allgemeinen aus der Uebereinstimmung jener Bewegungsverhältnisse bei verschiedenen Strahlen auf die Gleichheit der Ursachen, welche sie erzeugt haben. — Hieraus ist nun ersichtlich, dass es für das Studium und die Erkenntniss der

Molecularkräfte von ausserordentlicher Wichtigkeit sein muss, die kleinsten Theilchen eines Körpers in lebhafte Bewegung zu versetzen, um alsdann aus der Natur dieser Bewegungen auf die Natur der Molecularkräfte, d. i. auf die Qualität der Körper zu schliessen.

Die vorher entwickelte Theorie der Wärme giebt uns zu diesem Zwecke ein sehr einfaches Mittel in die Hand. Da die Wärme nämlich ihrer Natur nach in Nichts anderem als in einer lebhaften Bewegung der kleinsten Körpertheilchen besteht, die bei hinreichender Stärke und Geschwindigkeit auch als Licht wahrgenommen werden kann, so brauchen wir den zu untersuchenden Körper nur stark zu erhitzen und alsdann mit Hülfe optischer Vorrichtungen die Beschaffenheit der von ihm ausgehenden Lichtstrahlen zu untersuchen.

Allerdings wird es hierzu erforderlich sein, die Erhitzung soweit fortzusetzen, bis die kleinsten Theilchen des Körpers der Wirkungssphäre derjenigen Kräfte entzogen sind, welche ihre physikalischen Eigenschaften, also im Wesentlichen den sogenannten Aggregatzustand, bedingen. Ob ein Körper fest oder flüssig erscheint, hängt ebenfalls nur von Kräften ab, die in sehr kleinen Entfernungen zwischen den Theilchen wirksam sind; indessen wirken diejenigen Kräfte, durch welche die chemische Beschaffenheit der Körper bedingt ist, noch in weit kleineren Entfernungen und mit beträchtlich grösserer Intensität. Es wird demgemäss auch eine viel intensivere Erschütterung der Theilchen eines Körpers erforderlich sein, damit auch das Band der chemischen Attractionskräfte gelockert werde und unter ihrem Einflusse Bewegungen entstehen, die als Licht wahrgenommen, uns charakteristische Eigenschaften jener Kräfte und folglich auch des Körpers, dem sie angehören, verrathen können. —

Bringt man z. B. in die wenig leuchtende Flamme des Alkohols nur geringe Spuren von Kochsalz, so färbt sich durch die Verflüchtigung des darin enthaltenen Natriums die Flamme gelb. Mit Hülfe eines Prisma's ist man nun im Stande zu bestimmen, von welcher Beschaffenheit die ausgesandten Strahlen sind, d. h. wie viel Oscillationen ein Aethertheilchen in einer

Secunde vollzieht. In dem betrachteten Falle ergiebt sich, dass die von der gelben Kochsalzflamme ausgehenden Strahlen lediglich solche sind, bei denen die Theilchen in einer Secunde 526 Billionen Mal die Bahn um ihre Gleichgewichtslage durchlaufen.

Hätte man an Stelle des Kochsalzes ein Lithiumsalz genommen, so würde sich die Flamme roth gefärbt haben und die Analyse mit dem Prisma würde zeigen, dass die ausgehenden Strahlen aus zwei Gattungen bestehen, von denen in der einen die Theilchen etwa 460 Billionen, die andern ungefähr 500 Billionen Mal in der Secunde ihre Bahnen vollenden.

Diese Eigenschaften des ausgesandten Lichtes sind für die Natur der durch die Flamme erhitzten und in den gasförmigen Zustand versetzten Stoffe so charakteristisch, dass man hierauf ein Verfahren zur Erkennung der Stoffe gegründet hat, welches unter dem Namen der Spectralanalyse vor sieben Jahren von Kirchhoff und Bunsen in die Wissenschaft eingeführt worden ist und bereits in dieser kurzen Zeit die überraschendsten Resultate geliefert hat. Nicht allein, dass mit Hülfe dieser Methode die Anzahl der sogenannten chemischen Elemente um vier, bisher gänzlich unbekannte Stoffe vermehrt worden ist, sondern wir haben durch sie auch bereits Aufschlüsse über die Natur und physische Beschaffenheit der entferntesten Objecte im Weltall erhalten, auf deren Erkenntniss man noch bis vor kurzer Zeit für immer glaubte verzichten zu müssen. Wir wissen gegenwärtig, dass sowohl auf der Sonne als auch auf den unermesslich weit entfernten Fixsternen Stoffe vorhanden sind, die wie Natrium, Calcium, Magnesium und Eisen zu den verbreitetsten auf unserer Erde gehören.

Es ergiebt sich also hieraus, dass nicht nur die sichtbaren Bewegungen der grossen Massen der Himmelskörper bis zu den entlegensten Theilen des Universums durch die gleiche Kraft der allgemeinen Schwere beherrscht und geregelt werden, sondern dass diese Gleichartigkeit auch bezüglich derjenigen Kräfte stattfindet, unter deren Einfluss die unsichtbaren Bewegungen der kleinsten oder molecularen Massen der Körper vor sich gehen.

Von diesen Bewegungen hängen aber die Veränderungen ab, welche ein jeder zu einer individuellen Einheit abgeschlossener Körper im Laufe der Zeit erleidet. Sie bedingen die Phänomene der successiven Entwickelung der Körper, und ihre dereinst vollendete Erkenntniss wird uns demgemäss in ähnlicher Weise befähigen, die verschiedenen Phasen jener Entwickelung bis in die fernste Vergangenheit und Zukunft auf deductivem Wege zu verfolgen, wie dies gegenwärtig bezüglich der Ortsveränderungen der Himmelskörper in so befriedigender Weise der Fall ist.

Seit den denkwürdigen Zeiten Galilei's und Newton's ist die Mechanik der sichtbaren Massenbewegung fortdauernd vervollkommnet und mit steigendem Erfolge auf die Bewegung der Himmelskörper angewandt worden. Aber gerade die Probleme, welche sich hier darboten, wirkten in der erfreulichsten Weise auf die Entwickelung und Ausbildung sowohl der instrumentalen als auch theoretischen Hülfsmittel, so dass Laplace sein unsterbliches Werk, die *„Mécanique céleste"*, als eine der schönsten und unvergänglichsten Blüthen jener Entwickelung der Nachwelt hinterlassen konnte.

Die Mechanik der unsichtbaren Molecularbewegung der Körper datirt erst aus der ruhmvollen Epoche von Thomas Young und Fresnel, welche zuerst mit Erfolg versuchten, die Erscheinungen des Lichtes als Phänomene der oscillatorischen Bewegung eines elastischen Mediums darzustellen.

Seit jener Zeit waren alle theoretischen Fortschritte in der Physik im Wesentlichen an die Ausdehnung dieser Anschauungsweise auch auf andere Erscheinungsgebiete geknüpft, als deren jüngste Frucht, wie wir gesehen, die mechanische Wärmetheorie zu betrachten ist.

Hierbei war man jedoch bisher genöthigt, den ganzen Reichthum an empirischem Material lediglich aus dem Bereiche irdischer Erscheinungen zu entnehmen, während uns gegenwärtig die Spectralanalyse gestattet, diesen Bereich bis zu den entferntesten Körpern des Weltalls zu erweitern.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit der physischen Bedingungen, unter denen wir hierdurch die Materie zu beobachten im Stande

sind, die Anwendung des Spectroscops auf die Himmelskörper einen ähnlich befruchtenden Einfluss auf die Entwickelung einer Molecularmechanik ausüben wird, als dies durch eine analoge Anwendung des Fernrohrs in der Mechanik der sichtbaren Massenbewegungen der Fall gewesen ist.

War bisher in der Astronomie das Licht der Gestirne nur ein Mittel zum Zweck ihrer Ortsbestimmung, so wird dasselbe in Zukunft auch Selbstzweck der Beobachtung behufs der Ermittelung ihrer physischen Beschaffenheit werden. In diesem Sinne kann man denjenigen Theil der Astronomie, welcher sich mit Hülfe der Spectralanalyse und Photometrie der Lösung dieses Problems in systematischer Weise unterziehen wird, als Astrophysik bezeichnen.

So schliessen sich also vom gegenwärtigen Standpunkte unserer Naturerkenntniss die entferntesten und scheinbar heterogensten Phänomene auf's Innigste aneinander. — Ausgegangen von dem ruhigen und steten Wandel der Gestirne, sind wir in unseren Betrachtungen hinabgestiegen in den bunten Wechsel irdischer Veränderungen, um schliesslich wieder auf anderem Wege zu den Erscheinungen am Himmel zurückzukehren. — In demselben Maasse als es hierbei gelang, die Erscheinungen des subjectiven Factors unserer Sinne zu entkleiden, enthüllten sich in ihnen die Elemente des Raumes und der Zeit, die vereint als Bewegung der mathematischen Analyse unterworfen werden können. Durch das Gesetz der Causalität waren wir alsdann gezwungen, gewisse Ursachen jener Bewegungen vorauszusetzen, die allein in diesem Sinne, als sogenannte Molecularkräfte eines bestimmten, mathematischen Ausdrucks fähig sind.

Suchen wir uns jedoch eine Vorstellung von dem räthselhaften Vorgange zu machen, welcher bei der gegenseitigen Einwirkung zweier räumlich getrennten Massentheilchen aufeinander stattfindet, so stehen wir hier vor einer Thatsache, die nicht minder geheimnissvoll und unbegreiflich ist, als die Uebertragung persönlicher Willensacte auf das Gebiet der materiellen Veränderungen.

Die Naturforschung ist gezwungen, die Existenz einer solchen Fernewirkung der Kräfte einfach als Axiom voraus-

zusetzen. Gelingt es dann allmälig an der Hand der Beobachtung und des Experimentes die Gesetze jener Kräfte in ähnlicher Weise festzustellen, wie dies bereits bei der Gravitation der Fall gewesen ist, so nähern wir uns hiermit dem fernen Ziele, welchem die Naturwissenschaften in ihrer Entwickelung langsamen aber sicheren Schrittes entgegengehen.

Historische Bemerkungen.

Herr Helmholtz bemerkt in seiner vom 12. Juli 1877 datirten Zuschrift „An die philosophische Facultät der Universität Berlin“[1]) in Erwiderung der Vertheidigungsschrift des damaligen Privatdocenten Dr. Dühring u. A. wörtlich Folgendes:

> „Zur Zeit der Veröffentlichung meiner ersten Schrift: „Ueber die Erhaltung der Kraft“ 1847, habe ich allerdings die 1842 und 1845 erschienenen ersten Schriften von Dr. R. Mayer noch nicht gekannt. Diese waren damals noch sehr wenig verbreitet und ich selbst, als Militairarzt in Potsdam fungirend, nicht in der Lage, ausgedehnte Literaturstudien zu machen.“

In voller Uebereinstimmung mit dieser Erklärung bemerkt Herr Dr. Dühring in seiner „Kritischen Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik“, 2. Aufl., Leipzig 1877, S. 444 wörtlich:

> „In Herrn Helmholtz' Abhandlung „Ueber die Erhaltung der Kraft“ (Berlin 1847) .... in welcher die Aequivalentzahlen Joule's[2]) berührt wurden, fand sich trotz der Erörterung mehrer wenig erheblicher Arbeiten doch R. Mayer nicht erwähnt.“

Ueber den numerischen Werth des mechanischen Wärmeäquivalentes, welchen Helmholtz aus der citirten Arbeit Joule's anführt, bemerkt derselbe in seiner Abhandlung „Ueber die Erhaltung der Kraft“ (1847) S. 27 wörtlich:

> „Er (Joule) hat im ersten Falle gefunden, dass die Wärme, welche 1 Kilogramm Wasser um 1° C. erwärmt, 452 Kilogr. um einen Meter hebt, im zweiten 521 Kilogr. Indessen entsprechen seine Messungs-

---

[1]) „Aktenstücke in der Angelegenheit des Privatdocenten Dr. Dühring, veröffentlicht durch die philosophische Facultät der Königl. Universität zu Berlin (G. Reimer) 1870.“

[2]) *Philos. Magazine 1845. Ser. III. Vol. 27. „On the existence of an equivalent relation between heat and the ordinary forms of mechanical power.“*

methoden zu wenig der Schwierigkeit der Untersuchung, als dass diese Resultate irgendwie auf Genauigkeit Anspruch machen könnten; wahrscheinlich sind diese Zahlen zu hoch, weil bei seinem Verfahren wohl leicht Wärme für die Beobachtung verloren werden konnte . . . ."

Auch diese Worte des Herrn Helmholtz stimmen wiederum mit der thatsächlichen Wahrheit überein, denn Dr. Robert Mayer hatte wirklich in seiner Herrn Helmholtz unbekannt gebliebenen Abhandlung vom Jahre 1845 einen nicht zu hohen, sondern bedeutend kleineren Werth (367^{m}) als Joule gefunden. (Vgl. den später folgenden Auszug aus „Robert Mayer's Abhandlung.)

Für den wahren Werth des mechanischen Wärmeäquivalentes wird gegenwärtig in runder Zahl jene Höhe zu 424 Meter angenommen.[1]) Nimmt man daher aus den beiden oben von Helmholtz angeführten Werthen Joule's (452^{m} und 521^{m}) das Mittel, so erhält man in runder Zahl:

nach Mayer: 367^{m} im Jahre 1842
nach Joule: 486^{m} im Jahre 1845.

Demgemäss ist der von Joule gefundene Werth in runder Zahl 15 Procent zu gross, derjenige von Mayer 13 Procent zu klein, d. h. um 2 Procent der Wahrheit näher als derjenige Joule's.

---

[1]) Vgl. Zeuner, Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie. 2. Aufl. (1866.) S. 16.

Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne.

Populärer Vortrag

gehalten

im Professoren-Verein der Universität Leipzig

am 8. December 1869.

Hochgeehrte Versammlung!

Zu allen Zeiten war für uns Erdenbewohner ein besonderer Reiz an die Betrachtungen geknüpft, welche sich auf die Natur und Beschaffenheit der Himmelskörper beziehen. Je nach der Höhe der Cultur und dem besonderen Charakter der Völker haben diese Betrachtungen bald eine ernste, religiös-philosophische, — bald eine heitere, poesiegetränkte und lebensfrische Färbung angenommen. Immer aber war es das dunkle Gefühl von mannigfachen Einflüssen und Beziehungen der Himmelskörper zu den Veränderungen auf der Erde, welche die Völker in ihrer phantasiebegabten Kindheit antrieb, jene Körper mit einer göttlichen Verehrung zu betrachten.

Vor Allem musste dies bei demjenigen Himmelskörper der Fall sein, welchem der Mensch durch die wohlthätigen Spenden des Lichtes und der Wärme die ersten Bedingungen seiner Existenz verdankt. — In der That bedarf es keiner besonderen Anstrengung unseres Vorstellungsvermögens, um einzusehen, dass an die wesentlichsten Eigenschaften der Sonne, d. h. an ihre gewaltige Licht- und Wärmefülle, das Dasein alles Lebens an der Oberfläche unserer Erde auf's Innigste geknüpft ist.

Lassen wir einmal vor unserem geistigen Auge in Kürze das Bild derjenigen Veränderungen vorüberziehen, welche unserer warteten, wenn es der Sonne gefiele, z. B. in dieser Nacht ihr Antlitz zu verhüllen und, aus irgend einem Grunde, vielleicht wegen der überhand nehmenden Ueppigkeit und Vergnügungssucht der von ihr unentgeltlich erwärmten und erleuchteten Erdenbewohner, denselben auf etliche Jahre Strike zu erklären.

Der Beginn des sich in Folge dieser Arbeitseinstellung der Sonne entwickelnden Drama's würde, wie es ja häufig

geschieht, zunächst reichen Stoff an humoristischen Scenen bieten. Denn die Autorität der Uhrzeiger, welche morgen früh auf 8 oder 9 zeigen, würde gegenüber der herrschenden Finsterniss einfach nicht anerkannt werden. Die Langschläfer würden, jeder für sich, ohne alle Bedenken den zwischen Zeit und Licht ausgebrochenen Conflict lieber durch ein mehrstündiges Vorgehen ihrer Uhren als durch ein über Nacht stattgefundenes Erlöschen der Sonne zu erklären bereit sein. An der Spitze des Tageblattes würde sich als erste Verordnung des hochlöblichen Rathes unserer Stadt ein Befehl zur permanenten aber sparsamen Gasbeleuchtung befinden, die selbstverständlich, wegen gleichzeitigen Verschwindens des Mondscheins, die jetzt üblichen und zuweilen gefährlichen Reductionen in Vollmondsnächten ausschliessen müsste.

Wenn sich nun so auch der Mangel an Licht und Wärme bei der Höhe der gegenwärtigen Cultur eine Zeit lang durch künstliche Mittel weniger fühlbar machen liesse, — wie steht es denn aber mit unserer Nahrung, — der pflanzlichen und thierischen, — deren der Mensch zu seinem Bestehen bedarf? — Ohne Licht gedeiht keine Pflanze und ohne Pflanzen würde auch das auf sie bezüglich der Nahrung angewiesene Thierreich der Vernichtung anheim fallen.

Alle meteorologischen Prozesse, die wesentlich nur durch die ungleiche Erwärmung von Land- und Wasserflächen von den Strahlen der Sonne hervorgerufen werden, würden schon nach einigen Monaten in Stillstand gerathen. Kein befruchtender Regen würde mehr aus der Höhe herabfallen und die Wolken senkten sich in der windstillen Luft in Form von Nebeln herab, die sich allmälig als Schnee und Reif an den höher gelegenen Stellen des Erdbodens niederschlügen. Hierdurch würde nach und nach auf der ganzen Erdoberfläche ein vollkommen heiterer, durch keine Wolke getrübter Himmel entstehen, dessen dunkle Wölbung von der Pracht unzähliger leuchtender Sterne erglänzte.

Aber würde denn, wenn dieser Zustand eisiger Ruhe und Klarheit eingetreten ist, auch noch ein menschliches Auge jener Pracht des gestirnten Himmels sich freuen und

sich den befreienden Empfindungen grosser Gedanken überlassen können, welche der Anblick desselben, — heut wie ehemals, — in jedem unbefangenen Gemüthe hervorruft?

Nach den vorher gemachten Andeutungen über die gegenseitige Abhängigkeit der organischen Wesen wird diese Frage verneint werden müssen; und wenn nach jener mehrjährigen Nacht zum ersten Male wieder die Sonne am rosenfarbigen Morgenhimmel emporstiege — sie würde die gesammte Erdoberfläche als einen grossen, stillen Friedhof im winterlichen Sterbekleide begrüssen müssen.

Sollte aber je ein Maler, auf die Ueberreiztheit und Verdorbenheit des Geschmackes seiner Zeitgenossen vertrauend, Scenen aus demjenigen Zustande der menschlichen Gesellschaft der Darstellung seines Pinsels anvertrauen wollen, — aus jenem Zustande, welcher dem soeben geschilderten vorausgegangen ist, so müsste er die dunkelsten Blätter der Geschichte entrollen und sich in die Zeiten des tiefsten und allgemeinsten Elendes auf Erden versenken, wo allgemeine Seuchen die Fundamente der Gesellschaft unterwühlt haben, um seine Phantasie mit entsprechenden Bildern für ein solches Gemälde zu bereichern.

Doch verlassen wir diese düsteren Betrachtungen, die zur Genüge beweisen werden, wie alles Leben, ja alle Bewegung auf unserer Erde nur möglich ist, wenn die Sonne in ihrer bisherigen, uneigennützigen Weise fortfährt, ihre Schuldigkeit zu thun. Diese Erkenntniss, welche sich hier als das Resultat einer verhältnissmässig einfachen Ueberlegung ergiebt lässt sich aber noch in viel bestimmterer und allgemeinerer Weise vermitteln durch die erst in unserer Zeit bewiesene, innige Beziehung, welche alle Kräfte der Natur auf's Engste miteinander verknüpft. Namentlich besteht eine solche Beziehung zwischen Wärme und Bewegung, so dass stets einem bestimmten Aufwande von Wärme eine bestimmte Grösse hierdurch erzeugter Bewegung entspricht, eine Beziehung, die wir bekanntlich in allen unseren Dampfmaschinen practisch verwerthen.

Wenn wir ein bestimmtes Gewicht bis zu einer gewissen Höhe emporheben und dadurch eine bestimmte Arbeit leisten,

so ist es eine unabweisbare Folge jener merkwürdigen Beziehung, dass die hier geleistete Arbeitsgrösse durch Verwandlung einer ihr genau entsprechenden Wärmemenge entstanden sein muss, einer Wärmemenge, deren Ursprung, wenn auch auf noch so grossen Umwegen, schliesslich zur Sonne führt. Wenn nun aber auch die organischen Bewegungen auf der Erde, also z. B. die Bewegung unserer Gliedmassen, an die Fortdauer der Wärme und des Lichtes der Sonne geknüpft sind, so beweist jene Beziehung aller Naturkräfte, — die vor nahe 30 Jahren unbestritten auf deutschem Boden von Dr. Robert Mayer in Heilbronn gemacht und von Helmholtz, ihrem wissenschaftlichen Bearbeiter, mit dem Namen „Erhaltung der Kraft" bezeichnet worden ist, — dass jede Handbewegung, jeder Herzschlag in unserem Innern, kurz jede an unserem Körper stattfindende willkührliche oder unwillkührliche Bewegung ihren mechanischen Ursprung auf der Sonne haben muss.

Helmholtz bemerkt hierbei, dass dies Resultat, zu welchem eine vollkommen wissenschaftliche und nüchterne Naturbetrachtung geführt hat, für uns alle ein höchst schmeichelhaftes sein muss, denn wir schöpfen in der That alle Kraft, vermöge deren unser Körper lebt und sich bewegt, aus dem reinsten Sonnenlichte, und stehen daher an Adel der Abstammung dem grossen Monarchen des chinesischen Reiches, der sich sonst allein „Sohn der Sonne" nennt, nicht nach. Freilich setzt der ungetrübte Genuss dieses Adels denjenigen Grad von geistiger Freiheit voraus, welcher es verhindert, in der alsdann nothwendigerweise gleichen Abstammung unserer unvollkommeneren Mitgeschöpfe eine Entwürdigung unserer eigenen Natur zu erblicken.

Falls es mir durch die bisherigen Betrachtungen gelungen sein sollte, Sie von der hohen Bedeutung der Sonne für das irdische Wohl und Wehe des Menschengeschlechtes zu überzeugen, so, darf ich mir schmeicheln, jetzt bei Ihnen Allen eine Frage zu errathen, — die Frage nämlich, ob es aus wissenschaftlichen Gründen wahrscheinlich oder überhaupt nur möglich sei, dass ein plötzliches Verlöschen der Sonne einmal stattfinden könne, — oder ob dieses Verlöschen

im Laufe der Zeiten ganz allmälig stattfinden wird? — Muss denn aber durchaus ein Verlöschen stattfinden? —

Wenn es nicht allzu anmassend von mir ist, schon wieder Ihre Gedanken errathen zu wollen, so möchte ich behaupten, dass doch die Mehrzahl unter Ihnen es für das Wahrscheinlichste und Natürlichste halte, wenn wir annehmen, die Sonne leuchtete und wärmte in ungeschwächter Kraft für alle Zeiten und gestattete es dem Menschengeschlechte, zu immer höheren Stufen der Cultur emporzusteigen und die Bedingungen seiner Existenz immer mehr zu verschönern und zu veredeln.

Um uns zu Gunsten des einen dieser drei überhaupt nur denkbarer Fälle entscheiden zu können, müssen wir offenbar zuerst die Frage beantworten: „Was ist die Sonne?“

Dass die Sonne ein Körper ist und als solcher die allgemeinste Eigenschaft des Körperlichen, — nämlich die Schwere, mit allen irdischen Körpern theilt, ist die nothwendige Bedingung ihrer königlichen Herrschaft in unserem Planetenreiche. An dem Gängelbande der Schwere heisst sie die Erde und alle übrigen Planeten in grossen Bahnen ihren Thron umkreisen. Ihre souveraine Machtfülle verdankt sie lediglich der Masse ihres Körpers, der so gross ist, dass man aus ihm nicht weniger als 319455 Kugeln von gleichem Gewichte wie das der ganze Erde ballen könnte. Und hierbei würde jede dieser Kugeln dann noch einen etwa 4mal grösseren Inhalt als unsere Erdkugel besitzen, so dass also die Sonnenkugel aus einem ungefähr 4mal leichteren oder lockeren Stoffe als die Erde gebildet sein muss. — Wollen Sie sich aber eine deutliche Vorstellung von dem Grössenverhältniss zwischen Erde und Sonne machen, so betrachten Sie eine gewöhnliche Erbse als Erde und daneben eine Kugel von einer Elle im Durchmesser als Sonne.

Wir wissen also, dass die Sonne ein Körper ist, dessen Dichtigkeit und Grösse wir anzugeben im Stande sind.

Diesen Eigenschaften lässt sich aber noch eine dritte mit ebenso grosser Bestimmtheit hinzufügen, nämlich die Eigenschaft einer ausserordentlichen hohen Temperatur des Sonnenkörpers. Denn wir kennen unter irdischen Körpern nicht einen einzigen, der selbstständig Licht und

Wärme in beträchtlicher Menge auszusenden vermöchte und dabei selber kalt bliebe. Licht- und Wärme-Entwickelung bei hoher Temperatur ist eine ebenso allgemeine und wesentliche Eigenschaft aller Körper wie die Schwere und daher wie diese von ihnen unzertrennlich. Diese Wahrheit ist lange von den bedeutendsten Astronomen und Physikern verkannt worden und hat zu den abenteuerlichsten Vorstellungen von der Beschaffenheit der Sonne Veranlassung gegeben. —

Sehr häufig zeigen sich auf der leuchtenden Sonnenscheibe, wenn man sie mit, hinreichend durch dunkle Gläser geschützten, Fernröhren betrachtet, kleine dunkle Stellen, die sogenannten Sonnenflecke, die freilich in Wirklichkeit oft grösser als unsere ganze Erde, aber in der Regel von der Grösse unserer Welttheile sind. Diese Flecken verschwinden wieder nach kürzerem oder längerem Aufenthalt und zeigen sich meistens von einem weniger dunklen, aschgrauen Rande, der sogenannten Penumbra, umgeben. Gewisse gesetzmässige Veränderungen, welchen diese aschgrauen Ränder unterworfen sind, wenn sich ein Fleck dem Rande der Sonnenscheibe nähert, haben zu der eigenthümlichen Annahme geführt, „dass die Sonne aus einem dunklen Körper besteht, welchen zunächst eine in gewissem Grade undurchsichtige, das Licht zurückstrahlende Atmosphäre umhüllt, und dass hierauf eine leuchtende Atmosphäre oder Photosphäre folgt, die selbst wiederum in einer gewissen Entfernung von einer durchsichtigen Atmosphäre umgeben ist.“ Dies sind die Worte des berühmten französischen Physikers und Astronomen Arago, in welchen er die erwähnte Hypothese von der physischen Beschaffenheit der Sonne reproducirt und sie ausdrücklich als eine nothwendige anerkennt.

Dabei denkt sich Arago auf der Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers eine Temperatur, wie sie ungefähr auf der Erde stattfindet; denn er sagt an derselben Stelle des 12ten Bandes seiner gesammelten Werke etwa 80 Seiten später:

„Wenn man mich fragt, ob die Sonne von Wesen bewohnt sein kann, welche eine ähnliche Organisation besitzen wie die, welche unsere Erde bevölkern, so werde ich nicht anstehen, eine bejahende Antwort zu ertheilen. Das Vor-

handensein eines dunklen, centralen Kernes der Sonne, welchen eine undurchsichtige Atmosphäre umgiebt, von der entfernt erst sich die leuchtende Atmosphäre befindet, steht in keiner Weise mit einer solchen Ansicht in Widerspruch.“ — Es ist hier nicht der Ort, diesen Widerspruch aufzudecken, den Arago bei diesem Raisonnement macht. Es mag genügen anzuführen, dass dies in kurzer und bündiger Weise bereits vor 9 Jahren von Kirchhoff in seiner berühmten Abhandlung „über das Sonnenspectrum“ geschehen ist. Derselbe schliesst dort seine Widerlegung Arago's mit folgenden Worten: „Der Kern der Sonne muss auch in der Temperatur der Glühhitze sein. Er muss wirklich glühen, denn alle Körper beginnen bei derselben Temperatur zu glühen.“

Doch, werden Sie mir einwenden, alle unsere bisherigen Schlüsse sind doch nur dann richtig, wenn der uns noch unbekannte Stoff, aus welchem die Sonne besteht, dieselben Eigenschaften besitzt, die wir bei irdischen Körpern, wenn sie hoch erhitzt sind, beobachten. Von diesen irdischen Körpern können wir uns freilich keinen denken, der stark erwärmt und geglüht nicht auch Licht und Wärme ausstrahlte. Das Einzige was die irdischen Körper erwiesenermassen mit dem Sonnenstoff gemein haben, ist doch nur die Schwere. Wer bürgt uns denn aber dafür, dass es im unendlichen Raume auf andern Himmelskörpern nicht noch andere, uns gänzlich unbekannte Körper geben könne, die zwar schwer sind, aber, wenn sie erhitzt würden, doch nicht Wärme und Licht austrahlten, oder die, wenn sie dieses thäten, dabei selber doch eisig kalt blieben? —

Die Chemie lehrt uns, dass alle irdischen Körper, wie sie sich auch sonst unterscheiden mögen, aus mehr oder weniger von einigen 60 der sogenannten Grundstoffe oder Elemente zusammengesetzt sind. Muss es nun nicht als eine Vermessenheit unseres Verstandes erscheinen, Eigenschaften, die wir an einer so geringen Anzahl von Stoffen als gemeinsame erkannt haben, auch als solche bei den uns unbekannten Stoffen der Himmelskörper vorauszusetzen? Giebt es nicht zahllose Sonnen im unendlichen Raume und hiesse es nicht das Himmlische in den Staub ziehen, wollten wir das

triviale und unpoetische „*tout comme chez nous*“ auch auf jene Regionen übertragen?

Wohlan, hochverehrte Anwesende, ich will Ihnen, ohne mich auf allgemeinere Beweise für das Behauptete einzulassen, bereitwilligst die Gewichtigkeit der hier gemachten Einwürfe zugeben und mich mit Ihnen darin einverstanden erklären, dass erst dann unsere Schlüsse über die glühende Natur der Sonnenkugel stichhaltig sind, wenn wir im Stande sind zu beweisen, dass die Sonne wirklich aus ähnlichen Stoffen besteht, wie diejenigen, aus denen unsere Erde gebildet ist, die wir bezüglich ihrer Eigenschaften kennen und erforderlichen Falls jederzeit näher zu prüfen im Stande sind.

Einen solchen Beweis zu liefern, werden wahrscheinlich die Meisten unter Ihnen für eine Unmöglichkeit halten, denn wie sollten wir die stoffliche Beschaffenheit eines Körpers ermitteln können, der nicht weniger als 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist, eine Entfernung, die etwa 100,000 mal grösser ist als diejenige zwischen Paris und Wien. Könnten wir den Schnellzug zwischen diesen beiden Städten, der diese Strecke etwa in 36 Stunden zurücklegt, zu einer Reise nach der Sonne benutzen, so müssten wir doch das respectable Alter von 411 Jahren erreichen, um aus dem Munde des Schaffners den lang ersehnten Ruf: „Station Sonne!“ zu vernehmen.

Wie wäre es also möglich, einen so weit entfernten Körper chemisch zu untersuchen, von dem wir uns doch nicht, wie Münchhausen vom Monde, ein Stückchen herunterschneiden können, um es wie einen irdischen Körper in den Retorten unseres neuen Laboratoriums zu untersuchen?

Wäre diese Frage nur 11 Jahre früher aufgeworfen worden, so hätte man sie als die Ausgeburt naturwissenschaftlicher Schwärmereien keiner grösseren Beachtung für werth gehalten, als etwa Vorschläge mit den Bewohnern anderer Himmelskörper telegraphisch zu correspondiren.

Die Richtigkeit dieser Behauptung bin ich so glücklich aus eigener Erfahrung bestätigen zu können.

Es war etwa um jene Zeit, als ich mit einem hochberühmten, schon bejahrten Physiker[1]) zu Berlin über verwandte Dinge zu sprechen Gelegenheit fand. Als ich nun im Laufe unseres Gespräches die Hoffnung äusserte, dass eine genauere Untersuchung der verschiedenen Lichtverhältnisse der Himmelskörper uns mancherlei Aufschlüsse über ihre physische Beschaffenheit zu geben verspräche, wurde mir mit einem Anfluge von preussischem Corporals-Ton die kurze Erwiderung zu Theil: „Was die Sterne sind, wissen wir nicht und werden es nie wissen!“ —

Diese Donnerworte eines physikalischen Zeus hatten Anfangs das Gebäude meiner Hoffnungen stark erschüttert. Da ich aber trotz des besten Willens eine physikalische Begründung für den Inhalt jener Worte zu finden nicht vermochte, so begnügte ich mich mit einer poetischen und nahm an, dass sie nur der Ausdruck einer flüchtigen Reminiscenz an einen Vers des Goethe'schen Liedes „Trost in Thränen“ waren, worin es heisst:

„Die Sterne, die begehrt man nicht,
Man freut sich ihrer Pracht,
Und mit Entzücken blickt man auf
In jeder heitern Nacht.“

Nur wenige Wochen waren nach jener Unterredung verflossen, als Kirchhoff's berühmte Abhandlung erschien, welche die Methode enthielt, nach welcher nicht nur die chemischen Bestandtheile unserer Sonne sondern sogar die der fernsten Sterne mit einer Genauigkeit und Sicherheit ermittelt werden können, welche diejenige vieler anderer chemischer Methoden für irdische Körper übertrifft.

Ich darf voraussetzen, hochverehrte Anwesende, dass es für Sie nicht ohne Interesse ist, eine allgemeine Vorstellung von dieser wunderbaren Methode zu erhalten; wenn ich mich aber jetzt mit Aussicht auf nur einigen Erfolg dazu anschicken soll, Ihnen diese Vorstellung zu verschaffen, so muss ich mir zunächst bei der schöneren Hälfte meiner heutigen

[1]) Professor H. W. Dove, der Vater meines ehemaligen Freundes und gegenwärtigen Gegners Alfred Dove.

Zuhörerschaft die Erlaubniss ausbitten, die mir nothwendig erscheinenden Gleichnisse und Bilder aus dem Gebiete weiblicher Handarbeiten wählen zu dürfen; denn es ist mir trotz vieler Bemühungen nicht möglich gewesen, ein anderes Gebiet menschlicher Thätigkeit ausfindig zu machen, welches mir für den vorliegenden Zweck hätte passender erscheinen können. Hoffentlich werden Sie mir bei diesem immerhin gewagten Versuche einige vielleicht mit unterlaufende Schnitzer, aus Mangel an practischer Uebung auf diesem schönen Felde geduldigen Schaffens, nicht allzuhoch anrechnen! In dieser Hoffnung gehe ich getrost an die Lösung meiner Aufgabe. —

Zunächst ist klar, dass die fragliche Methode einzig und allein auf einer näheren Untersuchung des von den Sternen und der Sonne ausgestrahlten Lichtes beruhen kann, denn es ist dies die einzige unmittelbar sinnliche Wirkung, durch welche wir mit den Gestirnen, namentlich mit den entfernteren, in Verbindung stehen und von ihrem Dasein Kunde erhalten.

Wenn daher die Lichtstrahlen, die aus den fernsten Tiefen des Welltalls noch zu unserm Auge dringen, nicht irgend welche Kennzeichen ihres Ursprungs an sich tragen, — ähnlich dem Wanderer aus fernen, entlegenen Welttheilen, dessen Tracht und Hautfarbe uns den Himmelsstrich seiner Geburtsstätte verrathen — so ist eine Methode der stofflichen Erkenntniss so weit entfernter Körper nicht denkbar. Nun tragen aber in der That alle Lichtstrahlen, welche von selbstleuchtenden Körpern ausgesandt werden, namentlich wenn sie im luftförmigen Zustande leuchten, solche Merkmale ihrer Abkunft an sich, die dem Auge durch gewisse Instrumente sichtbar gemacht werden können. Diese Merkmale sind so sicher und unzweideutig und behaupten sich auf der langen Reise eines Lichtstrahles durch den Weltraum mit einer so grossen Unveränderlichkeit, dass wir offenbar aus der genauen Uebereinstimmung dieser Merkmale bei den Strahlen eines uns bekannten leuchtenden Körpers und den Strahlen eines unbekannten auf die Gleichartigkeit des stofflichen Ursprunges beider Lichtstrahlen schliessen müssen.

Doch, werden Sie fragen, worin bestehen denn diese Merkmale eines Lichtstrahles, welche uns, gleichsam wie die Passkarten von Reisenden, darüber Aufschluss geben sollen, von welchem der mehr als 60 betragenden, glühenden chemischen Elemente derselbe ausgegangen ist?

Um diese Frage zu beantworten, muss ich meine Zuflucht zu einem Gleichniss in Form einer Spuk- und Zaubergeschichte nehmen. —

Stellen Sie sich vor, wir kehren heut Abend — oder vielleicht richtiger morgen früh — versunken in Gedanken über ein am Ende doch mögliches Verlöschen der Sonne über Nacht, heim, und wollen zur Erleuchtung des dunklen Zimmers die bereit gestellte Kerze anzünden. Kaum haben wir mit dem brennenden Hölzchen den Docht berührt und siehe da! es bietet sich unsern erstaunten Blicken ein prächtiges Schauspiel dar. Unsere Kerze ist dergestalt verzaubert, dass an Stelle der Lichtstrahlen dem Dochte in unerschöpflicher Fülle kleine leuchtende Glasperlen nach allen Richtungen hin entströmen. Diese Perlen sind aber nicht etwa nur einfarbig, wie die leuchtenden Johanniskäfer, sondern prangen in allen möglichen Farben, vom dunkelsten Roth in allen Schattirungen durch Gelb, Grün, bis zum dunkelsten Azurblau hinauf.

Ein allzu gelehrter Professor, dem dieser Spuk begegnete, würde nun höchst wahrscheinlich tiefsinnige Betrachtungen über die Ursachen dieser Verhexung seiner Kerze anstellen und, in Gedanken über die Möglichkeit des Umsturzes einiger Naturgesetze verloren, staunend dem leuchtenden Perlregen zuschauen.

Wie ganz anders und ausserordentlich viel practischer würde sich eine Dame in der geschilderten Situation benehmen! Nach kurzer aber herzlicher Freude über das prächtige Schauspiel eines solch unerwarteten kleinen Feuerwerkes würde schnell ein Kästchen geholt, um die schönen bunten Perlen, welche fortdauernd dem Dochte der Kerze entspringen, sorgfältig aufzusammeln und sie am nächsten Morgen zu einer Stickerei benutzen. Ohne dem besonderen Geschmack der einzelnen Damen hier vorzugreifen, möchte ich mir doch als

passendstes Object für eine solche Stickerei irgend einen Gegenstand in Form eines Bandes, z. B. eines Serviettenbandes, vorzuschlagen erlauben. Man hätte hierbei den Vortheil, die Perlen aller Farben zu benutzen und könnte die verschiedenen Nüancen derselben zu einem schönen Farbeneffect verwenden, indem man z. B. mit einer ponçeau-rothen Perlenreihe, parallel der schmaleren Seite des Bandes beginnend, für jede folgende Perlenreihe eine stärkere Nüancirung in Gelb wählte und so fort, — bis das vollendete Serviettenband regenbogenartig alle Farbenschattirungen von Roth bis Blau und Violett enthielte. —

Es sollte mich übrigens wundern, wenn nicht schon irgend eine der anwesenden Damen auf eine solche Farbenanordnung bei einem gestickten Serviettenbande verfallen sein sollte. Wie sinnig würde sich der glückliche Besitzer vor jeder Mahlzeit durch die Erinnerung an den Regenbogen zur Dankbarkeit gegen die befruchtenden Kräfte der Natur aufgefordert fühlen!

Doch mit Recht würde man mir von sachverständiger Seite einwenden, dass so schnell und leicht, wie ich mir hier das Sticken eines solchen regenbogenfarbigen Serviettenbandes denke, dasselbe doch nicht von Statten gehen würde.

Denn da unsere verzauberte Kerze alle Perlen trotz ihrer verschiedenen Farben bunt durcheinander ausstreute, so würde das erste Geschäft am andern Morgen noch nicht gleich das Sticken, sondern zuerst das Ordnen und Sortiren der Perlen nach ihren Farben sein müssen. Dies würde aber bei sehr kleinen und zahlreichen Perlen, die vielleicht gar zu einer grösseren Anzahl solcher Serviettenbänder für eine Familie verwendet werden sollten, selbst für weibliche Geduld ein allzu harter Prüfstein werden. Indessen sollten jemals solche Serviettenbänder Mode werden, so ist nicht daran zu zweifeln, dass in unserer Zeit der Erfindungen, wo Nähmaschinen, Strickmaschinen, Waschmaschinen und viele andere Maschinen der Geschicklichkeit und dem Fleisse weiblicher Hände bedenklich Concurrenz machen, auch sehr bald eine Maschine erfunden sein würde, welche nicht nur schnell das Geschäft des Sortirens der Perlen nach ihren Farben,

sondern auch gleichzeitig das Sticken der regenbogenfarbigen Bänder selbst übernähme. Eine solche Maschine würde wahrscheinlich an ihrem oberen Theile, ähnlich unseren Kaffemühlen, eine Schale zum Auffangen der bunten Perlen tragen, und an Stelle des unteren Kästchens der Kaffemühlen brauchte man nur ein Stückchen Gaze einzuschieben, welches, nach kurzer Zeit wieder herausgezogen, das gestickte, regenbogenfarbige Band enthielte.

Doch fast muss ich fürchten, Ihre Geduld schon allzu sehr in Anspruch genommen zu haben, indem ich Sie mit Phantasiegebilden hinhalte, deren Deutung und Nutzen für die uns hier beschäftigenden Fragen Ihnen immer zweifelhafter wird. Und doch bin ich gezwungen dieses Gemälde noch weiter auszuführen, falls ich nicht meine bisherigen Bemühungen, Sie mit dem Wesen der Methode zur stofflichen Erkenntniss der himmlischen Körper bekannt zu machen, für vergebliche betrachten soll.

Vergegenwärtigen Sie sich also noch einmal unsere Situation der verzauberten Kerze gegenüber!

Sei es nun das Staunen ob des unerwarteten Wunders, oder sei es der Fleiss beim Einsammeln der ausgestreuten Perlen, der uns die Müdigkeit verscheuchte, — kurz wir vergässen unsere Ruhestätte aufzusuchen. Um jedoch behaglicher diesen nächtlichen Naturbetrachtungen obliegen zu können, brächte vielleicht die Kälte des nicht geheizten Zimmers den Einen oder Andern auf den Gedanken, sich nachträglich noch durch ein Tässchen Kaffe oder ein Gläschen Punsch zu erwärmen. Schnell würde die unvermeidliche Spirituslampe zur Erwärmung des Wassers angezündet, — aber, — o Wunder über Wunder — auch diese ist verhext! Trotz ihrer sonst so mattleuchtenden Flamme streut auch sie Perlen aus, die nun ebenfalls gesammelt werden.

Sollten aber am nächsten Morgen auch die von dieser Flamme ausgestreuten Perlen zum Sticken eines regenbogenfarbigen Bandes benutzt werden, so würden wir zu unserem grössten Erstaunen finden, dass unter diesen Perlen nur zwei Farben zu finden sind, die sich durch ihre Nüance so wenig von einander unterscheiden, dass beide Farben in dem regen-

bogenfarbigen Bande ganz dicht im gelben Theile nebeneinander liegen müssten.

Ein zufällig auf den Docht der Spiritusflamme fallendes Körnchen Salz würde bei lebhaftem Knistern die Flamme plötzlich heller machen und die Heftigkeit des gelben Perlregens bedeutend verstärken.

Wir hätten also wohl Grund zu vermuthen, dass das Salz oder ein Bestandtheil desselben, welcher sich auf dem Dochte unserer Flamme befand, die Ursache ist, dass gerade Perlen von nur zwei fast gleichen Farben ausgestreut würden. In der That, brächten wir auf den Docht der Flamme statt Kochsalz irgend einen andern Stoff, so würden wir zu unserer lebhaften Ueberraschung finden, dass auch Perlen von andern, aber für denselben Stoff stets gleichbleibenden Farben, ausgestreut werden. Diese Perlen in der früheren Weise zum Sticken eines Bandes verwandt, müssten natürlich eine der Zahl der Perlfarben entsprechende Anzahl von farbigen Streifen bedingen, die bei gleicher Grösse der Bänder stets an denjenigen Stellen liegen müssten, an welchen sich in unserem regenbogenfarbigen Bande die gleichen Nüancen befinden.

Besässen wir nun eine Maschine der früher erwähnten Art, die sowohl das Sortiren der Perlen als auch das Befestigen derselben an den ihrer Farbe zukommenden Stellen auf der Gaze selbstthätig besorgte, so würden wir offenbar mit Leichtigkeit an dem Aussehen der gestickten Bänder, d. h. an der Zahl und Lage ihrer farbigen Perlstreifen, den Stoff erkennen, mit welchem der Docht der Flamme bestreut war. Jedes Mal, wenn die beiden gelben Perlsorten, — also auf dem gestickten Bande die beiden gelben Streifen — erschienen, würden wir vermuthen müssen, dass ein Bestandtheil des Kochsalzes in der Flamme sei. Wenn aber mehrere Stoffe im Docht und dadurch in der leuchtenden Flamme gleichzeitig wären, so würde dies natürlich nur bewirken, dass wir auf dem gestickten Bande eine grössere Anzahl von Streifen erhielten, die gleichfalls alle bezüglich ihrer Lage genau durch ihre Farbennüançe bestimmt sind. Es bedarf dann nur der Vergleichung dieser Streifen mit denen, welche uns bekannte Stoffe in einer Flamme hervorrufen, um zu

entscheiden, ob in einer uns unzugänglichen, z. B. sehr entfernten, Flamme dieselben Stoffe vorhanden sind oder nicht.

Doch welches Aussehen wird unser regenbogenfarbiges Serviettenband annehmen, wenn wir unter die bunten Perlen der verzauberten Kerzenflamme die gelben der Spiritusflamme mischen, etwa dadurch, dass wir beide Flammen so dicht hintereinander stellen, dass die helle Kerzenflamme durch die mattleuchtende Spiritusflamme hindurch leuchtet und letztere fast bis zur Unsichtbarkeit überstrahlt?

Fangen wir dieses ganze Gemenge von Perlen durch ein und denselben Sortir- und Stickapparat auf, so wird dieser wie zuvor allen Perlen, gemäss ihrer Farbe, den ihnen zukommenden Platz auf dem Bande anweisen. An denjenigen Stellen aber, wo mit den gelben Perlen der Kerzenflamme auch noch diejenigen der Spiritusflamme von gleicher Nüance untergebracht werden sollen, wird die Stickerei etwas dichter werden, die Perlen etwas näher oder übereinander gesetzt werden müssen.

Wie weit dies möglich ist, muss ich natürlich dem sachverständigen Urtheile der Damen zur Entscheidung überlassen. Jedenfalls wird an den betreffenden Stellen die Gleichmässigkeit der Schattirungen des regenbogenfarbigen Bandes unterbrochen erscheinen und ein Streifen entstehen müssen. Ob dieser Streifen als ein hellerer oder dunklerer sich vom übrigen Grunde des Bandes abhebt, wird ganz davon abhängen, ob die von der Spiritusflamme ausgestreuten Perlen ein helleres oder matteres, d. h. lichtärmeres Gelb besitzen als die an dieser Stelle befindlichen Perlen der Kerzenflamme. Lieferte uns also unsere Perl-Sortir- und Stickmaschine aus den von unzugänglichen Körpern ausgesandten Perlen solche regenbogenfarbigen Bänder mit Streifen, gleichgültig ob hellen oder dunkelen, so würden wir ganz wie früher aus der Lage der betreffenden Streifen oder Linien die Stoffe errathen können, welche sie erzeugt haben. Denn die Dunkelheit der Streifen ist stets nur eine scheinbare, hervorgerufen durch den Contrast mit dem helleren Grunde, auf dem sie sich befinden. Indessen würden uns solche mit Streifen versehenen regenbogenfarbigen Bänder, wie Sie sehen, die Gewissheit ver-

schaffen, dass unser Sortir- und Stickapparat Perlen aus zwei verschiedenen Quellen empfangen hat, von denen die vielfarbige hinter der einzelfarbigen liegt, ganz so, wie wir dies bei unserer verzauberten Kerzenflamme hinter der Spiritusflamme vorausgesetzt haben.

Gesetzt nun, alle selbstleuchtenden Körper, unsere Sonne so gut wie die fernsten Sterne, wären verzaubert und streuten einen Perlregen bis in die entlegensten Theile des Weltalls um sich; wir liessen mit unserer Sortir- und Stickmaschine aus den Perlen der Sonne und jedes einzelnen Sternes die vielfach erwähnten Bänder sticken und fänden nun bei ihrer Vergleichung, dass die hellen oder dunklen Streifen in ihnen genau an denselben Stellen lägen, wo sich die aus unseren irdischen Flammen geschleuderten Perlen befinden, wenn wir bestimmte Stoffe in ihrem Mantel zum Glühen bringen. Wären wir dann nicht bei einer so merkwürdigen Uebereinstimmung von Erscheinungen zur Annahme auch der Uebereinstimmung ihrer Ursachen gezwungen, zu der Annahme nämlich, dass auch auf jenen himmlischen Körpern diejenigen Stoffe vorhanden sind, welche, in irdische Flammen gebracht, einen Perlregen von denselben Farben verursachen? —

Doch nun, hochverehrte Anwesende, zunächst die frohe Mittheilung, dass wir am Ziele unserer Wanderung sind und den Gipfel des Berges erreicht haben. Der Schleier des bisher gebrauchten Gleichnisses ist für viele meiner aufmerksamen Begleiter schon allzu durchsichtig geworden und würde der freieren Bewegung beim Hinabsteigen in die freundlich winkenden Thalgründe eher hinderlich als förderlich sein. Mag daher dieser Schleier jetzt fallen und unseren Augen den freien Blick in die lachenden Gefilde eines bis in die fernsten Fernen fruchtbaren und gesegneten Landes nicht länger verhüllen! Ob jedoch das nun zu betretende Gefilde der Wirklichkeit weniger wunderbar und staunenswerth als das von uns bisher durchwanderte Zauberland der Symbole und Gleichnisse sein mag, — das zu entscheiden will ich dem durch Gewohnheit noch nicht blasirten Urtheile meiner hochverehrten Zuhörer selber überlassen. (Beim Vortrage folgten hier Experimente.)

Sie sehen sich hier in diesem Saale umgeben von zahlreichen Flammen; hier habe ich auch zwei der berüchtigten Spiritusflammen mitgebracht und zünde sie jetzt an. Doch fast fürchte ich, es öffnet sich schon hie und da eine Hand, um den nun beginnenden Perlenregen aufzufangen — ich bedaure, diesen Erwartungen nicht entsprechen zu können. Allein ich muthe gewiss Ihrer Einbildungskraft nicht zuviel zu, wenn ich Sie bitte, an Stelle der ausgeschleuderten Perlen die Lichtstrahlen zu sehen, die jeder leuchtende Körper aussendet.

Beim Vortrage folgten hier Demonstrationen an den Abbildungen der Protuberanzen. (Vgl. Taf. I—VIII.)

Gestatten Sie mir, hochverehrte Anwesende, jetzt nur noch wenige Worte zum Schluss unserer Betrachtungen.

Wie steht es jetzt mit der Beantwortung unserer anfangs gestellten Fragen nach dem Erkalten und Verlöschen der Sonne? —

Wir wissen gegenwärtig, was die Sonne ist, eine ungeheure, glühende Kugel, umgeben von einer ebenfalls glühend heissen Atmosphäre, welche die verbreitetsten der auf unserer Erde vorkommenden Stoffe enthält.

Die Unerschöpflichkeit ihrer Licht- und Wärmefülle ist nur eine scheinbare, hervorgerufen durch ihre gewaltige Grösse und Masse, indem eine glühende Kugel von solchen Dimensionen nothwendig eine längere Zeit zu ihrer Erkaltung gebrauchen muss, als eine erbsengrosse Masse von übrigens gleicher Beschaffenheit.

Die Frage nach der Möglichkeit einer plötzlichen Erkaltung muss daher zunächst, — gewiss zu allseitiger Beruhigung — verneint werden. Aber ebenso gewiss scheint es, dass im Laufe der Jahrtausende die Sonne sich allmälig abkühlen muss, gerade so wie dies, ihrer Kleinheit wegen, unsere Erde in ausserordentlich viel kürzerer Zeit bereits gethan hat.

Fragen Sie weiter, ob denn bereits Vorboten einer solchen allgemeinen Abkühlung auf der Sonne vorhanden sind, so muss auch diese Frage mit Entschiedenheit bejaht werden. Denn wie man auch sonst über die Natur der früher erwähnten Sonnenflecke denken mag, — dass sie im Vergleich zu ihrer Umgebung als abgekühlte Stellen betrachtet werden

müssen, ist durch neuere Untersuchungen mit Hülfe der Ihnen vorgeführten Methode eine unabweisbare Forderung geworden. Mögen auch noch so viele Millionen von Jahren in den Schoss der Ewigkeit versinken, — der Quell der Zeiten ist unerschöpflich und das angedeutete Ereigniss wird dereinst eintreten. Ja wir haben in den sogenannten veränderlichen Sternen den deutlichsten Beweis, dass andere Sonnen in ihrer Abkühlung dem fraglichen Ereigniss schon viel näher gerückt sind, und in den spurlos verschwundenen Sternen, dass dasselbe wirklich eingetreten ist.

Wollen wir nun etwa unserer Sonne, einem einzigen jener Billionen von glühenden Tropfen im unendlichen Raume, ein Vorrecht vor andern ihres Gleichen einräumen? Ein durch keine Vorurtheile getrübter Verstand vermag dies einfach nicht!

Was hat denn aber der Gedanke an ein dereinstiges Verschwinden des Lebens auf unserer kleinen Erde Beunruhigenderes als der Gedanke an das uns Allen sichere Ende unserer zeitlichen Erscheinung?

Muss sich der einzelne Mensch nach zurückgelegten Kinderjahren an diesen Gedanken gewöhnen, so wird es auch das Menschengeschlecht in seiner Gesammtheit unter ähnlichen Verhältnissen thun müssen.

Und ebensowenig wie der Gedanke an den Tod dem Einzelnen den Genuss in der Erfüllung seiner Lebensaufgabe zu verkümmern vermag, ebensowenig wird dies die auf naturwissenschaftlichem Boden gewonnene Ueberzeugung von dem dereinstigen Ende unseres Geschlechtes im Stande sein und die Erfüllung seiner irdischen Bestimmung zu hindern vermögen.

Je mehr aber die unaufhaltsam fortschreitende Erkenntniss auf Erden die sinnlichen Schranken des Raumes und der Zeit durchbricht, je mehr sich die Tiefen des Universums unsern erstaunten Blicken enthüllen, ein desto tieferer Sinn wird sich für uns mit jener tröstlichen Botschaft verbinden lassen: „In meines Vaters Hause sind viele Wohnungen“.

Wissenschaftliche Beilagen.

Abhandlungen aus den Berichten

der

Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften.

Ueber ein neues Spectroskop nebst Beiträgen zur Spectralanalyse der Gestirne.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math.-phys. Classe vom 6. Februar 1869.)

Die Spectralanalyse der Gestirne beginnt in neuester Zeit, abgesehen von ihren Aufschlüssen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper, in steigendem Maasse die Aufmerksamkeit nach einer andern, nicht minder interessanten Richtung hin in Anspruch zu nehmen. Es eröffnet sich nämlich die Aussicht, mit Hülfe jener Methode den Einfluss nachzuweisen, günstigen Falls sogar zu messen, welchen die in die Verbindungslinie der Erde und des beobachteten Gestirnes fallende Componente der relativen Bewegung beider Himmelskörper auf die Lage der Linien des betreffenden Spectrums ausübt.

Eine einfache Betrachtung zeigt, dass Wirkungen, welche zwei getrennte Körper durch periodische Impulse von endlicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf einander ausüben, durch eine stetige Aenderung des Abstandes beider Körper modificirt werden müssen. Es ist das Verdienst Doppler's, zuerst im Jahre 1841 die Nothwendigkeit dieses Einflusses erkannt zu haben,[1]) obschon die Folgerungen, welche derselbe hieraus bezüglich der Farbe der Sterne ableitete wegen Nichtberücksichtigung der unsichtbaren Theile des Spectrums als unrichtig bezeichnet werden müssen.

[1]) Doppler, „Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels".
Abhandlungen der Böhm. Ges. d. W. Bd. II. (1841—1842.) p. 465—482.

Für den Schall ist der erwähnte Einfluss durch zahlreiche Versuche von Ballot, Mach u. A. als mit den Forderungen der Theorie übereinstimmend nachgewiesen worden.

Für das Licht ist es dagegen bis jetzt noch nicht möglich gewesen, sicher nachweisbare Grössen jenes Einflusses durch Beobachtungen zu constatiren, weil selbst die kosmischen Bewegungen, welche uns als die grössten für diesen Zweck zur Verfügung stehen, im Vergleich zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes noch sehr kleine Grössen sind.

Die grosse Vervollkommnung jedoch, welche seit Entdeckung der Spectralanalyse die optischen Hülfsmittel zur Beobachtung des Spectrums erfahren haben, eröffnen dennoch die Aussicht, jenen Einfluss an den Spectren der Gestirne nachzuweisen. Derselbe müsste sich der Theorie zufolge in einer kleinen Verschiebung der Spectrallinien äussern, deren Quantität beispielsweise für die mittlere Geschwindigkeit der Erde von 4 deutschen Meilen in der Secunde den 10ten Theil des Abstandes der beiden Natronlinien betragen würde. Diese Grösse, welche sich in sehr einfacher Weise aus der Geschwindigkeit des Lichtes und der Undulationsdauer der den Natronlinien entsprechenden Strahlen ergiebt, ist erst ganz kürzlich wieder von J. C. Maxwell in Uebereinstimmung mit früheren Berechnungen von F. Eisenlohr[1]) u. A. abgeleitet worden.

Die zu beobachtende Grösse der Verschiebung erscheint jedoch Maxwell so klein, dass er seine hierauf bezüglichen Betrachtungen mit Rücksicht auf die bisher construirten Spectroskope und die Methode zur Positionbestimmung der Linien mit der Bemerkung schliesst: *„it cannot be determined by spectroscopic observations with our present instruments, and it need not be considered in the discussion of our observations“.*[2])

Nichtsdestoweniger hat Huggins in seiner neuesten Abhandlung,[3]) als deren integrirender Theil die oben erwähnten

[1]) Heidelberger Verh. d. phys. med. Ges. Bd. 3. p. 190.
[2]) Philos. Trans. 1868. p. 532.
[3]) Ibid. p. 535.

Untersuchungen Maxwell's abgedruckt sind, die Lösung des gedachten Problems durch Anwendung eines Spectroskops mit nicht weniger als 5 Prismen, von denen zwei Amici'sche mit 2 Flintglas- und 3 Crownglasprismen sind, versucht.

Die durch eine so grosse Anzahl von Prismen bedingte Lichtschwächung gestattete jedoch nur die Beobachtung der hellsten Sterne. Huggins beschränkt sich sogar nur auf die Mittheilung seiner Resultate aus Beobachtungen am Sirius und glaubte hier eine geringe Verschiebung der Linie *F* im Vergleich mit der durch eine Geissler'sche Röhre erzeugten hellen Wasserstofflinie gefunden zu haben. Die Richtung und Grösse der Verschiebung würden auf eine Zunahme der Entfernung zwischen Erde und Sirius deuten, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 41,1 engl. Meilen in der Secunde.

Eliminirt man die Componente der Erdbewegung, die zur Zeit der Beobachtung 12 engl. Meilen betrug, so würde sich für die Geschwindigkeit, mit welcher sich Sonne und Sirius von einander entfernen, die Grösse von 29,4 englischen oder ungefähr 6,5 deutschen Meilen ergeben.

Huggins betrachtet dies Resultat selber als ein noch mit grosser Unsicherheit behaftetes, eine Unsicherheit, welche theils durch die bereits erwähnte starke Lichtschwächung durch zahlreiche Prismen, theils durch die Schwierigkeit bedingt ist, die Coïncidenzen der hellen Linien irdischer Lichtquellen mit den analogen dunklen der Sternspectra zu vergleichen. Letztere haben zuweilen auch ein anderes Ansehen, sind z. B. am Rande verwachsen und von verschiedener Breite, wie dies gerade bei der Linie *F* im Siriusspectrum der Fall ist. —

Die wesentlichsten dieser Schwierigkeiten, welche sich bisher einer definitiven Lösung des fraglichen Problems entgegenstellten, glaube ich mit Erfolg durch eine neue Construction des Spectroskops überwunden zu haben, von der ich das erste Exemplar der Königlichen Gesellschaft hier vorzulegen die Ehre habe.

Die Einrichtung ist im Wesentlichen folgende. Die durch einen Spalt oder eine Cylinderlinse erzeugte Lichtlinie befindet sich im Brennpuncte einer Linse, welche, wie bei allen

Spectroskopen, die zu zerstreuenden Strahlen zunächst parallel macht. Alsdann passiren die Strahlen zwei Amici'sche Prismensysteme *à vision directe*, welche ich in vorzüglicher Güte aus der optischen Werkstätte des Herrn Merz in München erhalten habe.

Dieselben sind dergestalt nebeneinander befestigt, dass jedes die eine Hälfte der aus dem Collimatorobjectiv tretenden Strahlenmasse hindurchlässt, jedoch so, dass die brechenden Kanten auf entgegengesetzten Seiten liegen und hierdurch die gesammte Strahlenmasse in zwei Spectra von entgegengesetzter Richtung zerlegt wird. Das Objectiv des Beobachtungsfernrohres, welches die Strahlen wieder zu einem Bilde vereinigt, ist senkrecht zu den horizontal gelegenen brechenden Kanten der Prismen, wie beim Heliometer, zerschnitten und jede der beiden Hälften lässt sich sowohl parallel der Schnittlinie als auch senkrecht zu derselben mikrometrisch bewegen. Hierdurch ist man im Stande, sowohl die Linien des einen Spectrums successive mit denen des andern zur Coïncidenz zu bringen, als auch die beiden Spectra, anstatt sie zu superponiren, unmittelbar nebeneinander zu lagern, (so dass sich das eine wie ein Nonius neben dem andern verschiebt,) oder nur partiell zu superponiren. — Durch diese Construction ist nicht allein das empfindliche Princip der doppelten Bilder zur Bestimmung irgend welcher Lagenveränderung der Spectrallinien verwerthet, sondern jede solche Veränderung ist auch verdoppelt, indem sich der Einfluss derselben bei beiden Spectren im entgegengesetzten Sinne äussert.

Das Princip der Reversion der Spectra, welches dem beschriebenen Instrumente zu Grunde liegt, weshalb ich mir für dasselbe den Namen

„Reversionsspectroskop"

vorzuschlagen erlaube, lässt sich auch ohne Benutzung Amici'scher Prismensysteme zur Anwendung bringen. Man braucht nur den einen Theil der aus einem gewöhnlichen Prisma tretenden Strahlenmasse durch Reflexion mit Spiegel oder Prisma umzukehren und dann die gesammte Strahlenmasse ganz wie oben durch ein mit zerschnittenem Objective ver-

sehenes Fernrohr zu beobachten. Das Princip macht ferner die gleichzeitige Einführung künstlicher Lichtquellen zur Untersuchung geringer Aenderungen der Brechbarkeit vollkommen entbehrlich und gestattet die Wahrnehmung und Messung jener Aenderungen durch die Lagenveränderung vollkommen gleichartiger Objecte.

Die Messungsreihen, welche sowohl an den dunklen *D* Linien des Sonnenspectrums als auch an den hellen Natronlinien einer mit Kochsalz imprägnirten Kerzenflamme ausgeführt wurden, und die ich mir zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit des Instrumentes hier beizufügen erlaube, berechtigen zu der Hoffnung, dass es mit Hülfe dieses Spectroskopes gelingen wird, den Einfluss der Erdbewegung nicht allein wahrzunehmen, sondern auch quantitativ mit solcher Genauigkeit zu bestimmen, als zu einer vorläufigen Controle der theoretischen Folgerungen wünschenswerth erscheint.

Die angeführten Zahlen bedeuten Theile der Mikrometerschraube und beziehen sich auf den Abstand der beiden Natronlinien:

Natronflamme	Sonne
49.5	49.5
50.5	51.5
53.0	48.1
49.5	48.9
Mittel: 50.6 ± 0.6	Mittel: 49.6 ± 0.5

Bei der folgenden Beobachtungsreihe hatte das Reversionsspectroskop sowohl eine andere Mikrometerschraube, mit etwas gröberem Gewinde, als auch zwei andere Prismensysteme erhalten, deren Dispersion in der Gegend der Natronlinie 1.77 mal grösser ist als diejenige der zu den obigen Messungen benutzten Systeme. Ebenso waren hierbei die früher achromatischen Objective des Collimators und des Beobachtungsrohres durch unachromatische ersetzt, wodurch nicht nur nichts an Schärfe der Bilder verloren ging, sondern, wie beabsichtigt, durch Vermehrung der Lichtstärke an Klarheit und Deutlichkeit gewonnen wurde.

Sonne

Theile d. Schraube	Abw. v. Mittel
67.1	— 0.8
69.4	+ 1.5
68.4	+ 0.5
67.9	0.0
66.6	— 1.3
66.1	— 1.8
68.2	+ 0.3
68.0	+ 0.1
69.6	+ 1.7

Mittel: 67.9 ± 0.3

Es wäre hiernach der Abstand der beiden *D* Linien mit einem wahrscheinlichen Fehler von $^1/_{226}$ dieser Grösse genau bestimmt. Nach dem oben Mitgetheilten wird aber durch eine Veränderung des Abstandes zwischen Lichtquelle und Spectroskop mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Secunde eine gegenseitige Verschiebung der Linien beider Spectra im Betrage von $^1/_5$ jenes Abstandes bewirkt, eine Grösse, die also etwa 40mal grösser als der oben für das Mittel aus 9 Ablesungen gefundene wahrscheinliche Fehler ist.

Lässt sich daher bei Beobachtungen der Spectra der Sterne eine hinreichende Lichtmenge anwenden, so wird sich auf dem angegebenen Wege definitiv entscheiden lassen, ob die erwartete Verschiebung der Spectrallinien eintritt oder nicht. In Bezug auf die erforderliche Lichtstärke erlaube ich mir zu bemerken, dass mir für diese Beobachtungen eine nichtachromatische Linse[1]) von 1 Par. Fuss Durchmesser und 6 Fuss Brennweite zur Verfügung steht, deren Strahlenkegel einige Zoll vor seinem Vereinigungspunct durch einen passenden Concav-Meniscus von Flintglas aufgefangen und so von sphärischer und chromatischer Abweichung möglichst befreit auf den Spalt des Spectroskops geleitet wird. Ich glaube hier besonders darauf hinweisen zu müssen, dass bei Anwendung eines Spaltes die Achromasie des optischen Bildes für die Be-

[1]) In der optischen Werkstätte von Herrn H. Schröder in Hamburg angefertigt.

obachtung seines Spectrums, namentlich einzelner Theile desselben, unwesentlich ist und daher die hier angedeutete Construction vor derjenigen mit lichtstarken Achromaten den Vorzug bedeutend grösserer Wohlfeilheit beanspruchen dürfte. Selbstverständlich wird man in denjenigen Fällen auf diesen Vortheil verzichten müssen, wo es sich, wie z. B. bei Doppelsternen, um möglichst scharfe Trennung der zu untersuchenden Objecte handelt. —

Es mag mir schliesslich noch gestattet sein, einige Bemerkungen über Probleme und Methoden mitzutheilen, welche sich auf Spectralbeobachtungen an der Sonne beziehen und mich gegenwärtig beschäftigen.

Die Sonne besitzt eine Rotationsgeschwindigkeit, vermöge deren sich ein Punct ihres Aequators mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 0.25 deutschen Meilen bewegt. Erzeugt man daher mit Hülfe eines Heliometers oder auf anderem Wege ein Doppelbild von der Sonne und bringt durch passende Stellung zwei Puncte der Aequatorialränder zur Berührung, so grenzen an der Berührungsstelle Theile der Sonnenoberfläche an einander, von denen sich die einen mit einer Geschwindigkeit von der angegebenen Grösse uns nähern, die andern mit derselben Geschwindigkeit sich von uns entfernen. Hierdurch entsteht eine Geschwindigkeitsdifferenz der sich berührenden Theile in der Richtung der Gesichtslinie von etwa einer halben deutschen Meile. Dem Obigen zufolge würde eine solche Bewegungsgrösse eine Lagenveränderung der Natronlinie bewirken, welche dem 80sten Theile ihres Abstandes entspräche. Gelingt es daher durch Combination einer genügenden Anzahl von Prismen, eine solche Grösse wahrzunehmen resp. zu messen, so braucht man nur die Mitte des Spaltes in die Verbindungslinie der beiden Mittelpunkte der sich tangirenden Sonnenbilder zu bringen, um alsdann die beiden Spectra der sich berührenden Sonnenränder im Gesichtsfelde des Spectroskopes dicht neben einander zu sehen und so unter den günstigsten Verhältnissen die fragliche Verschiebung zu beobachten. Auf diese Weise liesse sich dann die Lage des Sonnenäquators und, im Fall der Ausführbarkeit von Messungen, die Rotationsgeschwindigkeit in verschiedenen

heliographischen Breiten bestimmen, was mit Rücksicht auf die in neuester Zeit über diesen Punct ausgesprochenen Ansichten von grösstem Interesse sein würde.

Aber auch abgesehen von einer quantitativen Bestimmung des fraglichen Phänomens, würde durch einen selbst nur qualitativen Nachweis desselben ein einfaches Mittel gefunden sein, sämmtliche Linien, welche durch Absorption in der Erdatmosphäre im Sonnenspectrum entstanden sind, von denjenigen zu trennen, welche der Sonnenatmosphäre ihren Ursprung verdanken, indem sich die gedachte Verschiebung offenbar nur auf die letzteren erstrecken kann.

Ein anderer Gegenstand der spectralanalytischen Untersuchung des Sonnenkörpers sind die Protuberanzen. Bekanntlich ist es zuerst Lockyer und Janssen gelungen, das Spectrum dieser Gebilde, welches in drei hellen Linien besteht, unabhängig von einer totalen Sonnenfinsterniss zu beobachten.

Gegenwärtig ist man von verschiedenen Seiten her auf's Eifrigste bemüht, Methoden ausfindig zu machen, welche es gestatten, nicht nur jene Linien, sondern auch die ganze Gestalt der Protuberanzen gleichzeitig zu beobachten.

Die Länge der hellen Linien entspricht der Grösse der in die Richtung des Spaltes fallenden Dimension der betreffenden Protuberanz. Bringt man daher den Spalt successive in verschiedene Richtungen, so dass er die Protuberanz in ebenso vielen Lagen schneidet, so ist man im Stande die Form des beobachteten Gebildes zu construiren, wie dies bereits Lockyer gethan hat. Hierauf gestützt schlägt Janssen die Construction eines rotirenden Spectroskopes vor, um so bei hinreichender Schnelligkeit der Rotation mittelst der Dauer des Lichteindruckes die Gestalt der ganzen Protuberanz mit einem Male zu überblicken.

Abgesehen von den mechanischen Schwierigkeiten eines solchen rotirenden Spectroskopes, bei welchem die eine der drei hellen Protuberanzlinien genau in der Rotationsaxe liegen müsste, liesse sich der beabsichtigte Zweck einfacher und zugleich vollkommener durch Oscillation des Spaltes senkrecht zu seiner Richtung erreichen. Man würde hierdurch im Stande

sein, dieselbe Protuberanz gleichzeitig in drei verschieden gefärbten Bildern zu beobachten, entsprechend den drei verschiedenen Linien ihres Spectrums.

Bei diesen Methoden mit beweglichem Spalt wird jedoch der Helligkeitsunterschied, durch welchen sich die Protuberanz vom Grunde abhebt, nach Massgabe des vom Spalt zurückgelegten Weges, beträchtlich abgeschwächt, namentlich würde bei dem rotirenden Spectroskop die Helligkeit der Protuberanz selber von dem Rotationscentrum aus nach dem Rande hin abgeschwächt und dadurch die Beobachtung der natürlichen Helligkeitsverhältnisse des Gebildes vereitelt werden.

Aus diesem Grunde beabsichtige ich eine andere, sehr einfache Methode zur Erreichung des fraglichen Zieles in Anwendung zu bringen, von deren practischer Ausführbarkeit ich mich bereits durch unten näher zu beschreibende Versuche an irdischen Lichtquellen überzeugt habe. Die Principien, auf denen diese Methode beruht, sind folgende:

1. Die scheinbare Helligkeit (Glanz, *claritas visa*[1]) eines Protuberanzstreifens ist unabhängig von der Oeffnung des Spaltes, unter der Voraussetzung, dass dieselbe auf der Netzhaut stets eine wahrnehmbare Breite behält.

2. Die Helligkeit des superponirten Spectrums wächst proportional der Spaltbreite.

3. Bei oscillirendem oder rotirendem Spalte bleibt die Helligkeit des superponirten Spectrums unverändert, diejenige des durch die Permanenz des Lichteindruckes entstandenen Protuberanzbildes dagegen nimmt nach einem Gesetze ab, welches von der Zahl und Dauer der in der Zeiteinheit stattfindenden Reizungen der betreffenden Netzhautstelle und von der Brechbarkeit des beobachteten Protuberanzstreifens abhängt.

Nimmt man der Einfacheit halber an, die ganze Fläche, über welche sich der Spalt bei seiner Rotation oder Oscillation bewegte, wäre von der Protuberanz erfüllt, und setzt voraus, die Intensität des entstehenden Nachbildes wäre umgekehrt proportional jener Fläche, (entsprechend einer gleichmässigen

[1]) Lambert, Photometria etc. §§. 36 u. 37.

Ausbreitung des durch den ruhenden Spalt gehenden Lichtes über jene Fläche,) so würde, unter Annahme der obigen drei Sätze, das Intensitätsverhältniss zwischen Grund und Protuberanz dasselbe bleiben, mag man

Erstens, durch Oscillation des Spaltes die Helligkeit des Protuberanzgebildes herabsetzen und hierdurch die Helligkeit des superponirten Spectrums oder Grundes (nach 2) unverändert lassen,

oder mag man

Zweitens, den ruhenden Spalt so weit öffnen, dass sich seine Oeffnung gerade über den Raum ausdehnt, über welchen sich im ersten Falle die Oscillation erstreckte. Hierdurch bleibt (nach 1) die scheinbare Helligkeit der Protuberanz unverändert, die des Grundes wird aber in demselben Verhältniss gesteigert, wie sie vorher bei constantem Grunde abgeschwächt wurde.

Man würde daher unter den gemachten Voraussetzungen das beabsichtigte Ziel viel einfacher auf dem zweiten Wege erreichen, wenn man stets dafür Sorge trüge, dass, der Blendung wegen, das intensive Licht des eigentlichen Sonnenkörpers nicht in den Spalt dringt.

Der Spalt brauchte dann nur gerade so weit geöffnet zu werden, dass die Protuberanz oder ein Theil derselben in der Oeffnung erschiene. Durch polarisirende oder absorbirende Medien, welche vor das Ocular gesetzt werden, wird für eine zweckmässige Abschwächung des ganzen Gesichtsfeldes gesorgt werden müssen, um das Intensitätsverhältniss zwischen Protuberanz und superponirtem Spectrum für die Empfindung möglichst stark hervortreten zu lassen.

Durch diese Betrachtungen geleitet, habe ich versucht, die Bedingungen, unter denen die Protuberanzen sichtbar sind, mit Hülfe irdischer Lichtquellen zu realisiren, um auf diese Weise beide Methoden zu prüfen und mich von ihrer practischen Anwendbarkeit zu überzeugen. Zum besseren Verständniss der beschriebenen Versuche seien zuerst folgende Bemerkungen vorausgeschickt.

Der Grund, weshalb die Protuberanzen nicht unter gewöhnlichen Verhältnissen bei Abblendung des intensiven Sonnen-

bildes am Rande desselben sichtbar sind, liegt in den das Bild der Protuberanz überdeckenden, stark beleuchteten Theilchen unserer Atmosphäre. Bei einer totalen Sonnenfinsterniss wird dieses superponirte Licht so beträchtlich abgeschwächt, dass sich alsdann die intensiv leuchtenden Protuberanzen von den beleuchteten Theilen der Korona der verfinsterten Sonne abheben. Von der Grösse der hierzu erforderlichen Abschwächung des diffusen Lichtes unserer Atmosphäre kann man sich ungefähr einen Begriff machen, wenn man die mittlere Beleuchtung der Atmosphäre bei einer totalen Sonnenfinsterniss gleich derjenigen bei mittlerem Vollmonde annimmt. Nach meinen photometrischen Messungen[1]) ist diese Beleuchtung 618000mal schwächer als die durch die Sonne hervorgebrachte; in einem ähnlichen Verhältnisse müsste daher auch die auswählende Absorption gefärbter Medien bezüglich des homogenen Lichtes der Protuberanzen stehen, wollte man, — wie dies gegenwärtig von verschiedenen Seiten versucht wird — auf diesem Wege, ohne Dispersion, die Protuberanzen sichtbar machen.

Dagegen beruht die Möglichkeit, dieses Ziel mit Hülfe des Prisma's durch Zerstreuung des superponirten atmosphärischen Lichtes hervorzubringen, wesentlich auf dem Umstande, dass dieses Licht aus Strahlen aller Brechbarkeiten, jenes der Protuberanzen jedoch nur aus drei homogenen Strahlengattungen zusammengesetzt ist.

Die Superposition einer nicht homogenen Lichtmasse über einen mit homogenem Lichte leuchtenden und von scharfen Umrissen begrenzten Körper habe ich nun künstlich in folgender Weise bewirkt.

Der Docht einer Alkoholflamme wurde mit Chlornatrium und Chlorlithium imprägnirt. In einem Abstande von 18 Fuss vor dieser Flamme wurde unter einem Winkel von 45° gegen die Beobachtungsrichtung eine Spiegelglasplatte so aufgestellt, dass das reflectirte Bild einer seitlich befindlichen Petroleumflamme die schwach leuchtende Alkoholflamme bedeckte und durch ihre bedeutend grössere Intensität dieselbe vollkommen unsichtbar machte. Etwa in der Entfernung eines Fusses vor

[1]) Photometrische Untersuchungen etc. p. 105 ff. Leipzig 1865.

der reflectirenden Glasplatte befand sich eine kleine Linse von 6 Zoll Brennweite, welche ein kleines Bild der Alkoholflamme auf den Spalt des Spectroskops warf. Der letztere war am Ende einer 10 Zoll langen Feder befestigt, durch welche er, aus seiner Gleichgewichtslage entfernt und dann sich selbst überlassen, etwa 5 Minuten hindurch in Oscillationen von hinreichender Amplitude versetzt werden konnte.

Zunächst wurde nun die Breite der Spaltöffnung so weit verringert, dass bei ruhendem Spalt die Doppellinie *D* und, verhältnissmässig schwach, auch die Lithiumlinie scharf begrenzt im Felde erschienen.

Sobald der Spalt in Oscillation versetzt wurde, verwandelten sich diese Linien in scharfe Bilder der Alkoholflamme, von denen sich die beiden Natronbilder etwa bis zur Hälfte deckten. Die scheinbare Helligkeit dieser drei Bilder war im Vergleich zu derjenigen der hellen Linien beträchtlich kleiner und in Folge dessen auch ihre Abhebung von dem diffus erleuchteten Spectralgrunde in demselben Verhältniss geringer als die der Linien bei ruhendem Spalt.

Als ich nun die zweite der oben vorgeschlagenen Methoden in Anwendung brachte und den ruhenden Spalt so weit öffnete, dass eben noch das Bildchen der Alkoholflamme von der rechteckigen Spaltöffnung umgrenzt wurde, war ich überrascht durch die bei Weitem grössere Schönheit und Deutlichkeit, mit welcher sich die Flammenbilder von dem diffus erleuchteten Spectralgrunde abhoben.

Es scheint daher die oben bei der theoretischen Erörterung nach einem einfachen Gesetze angenommene Abschwächung der scheinbaren Helligkeit der Protuberanz durch den oscillirenden Spalt, zu Gunsten der zuletzt angewandten Methode, eine beträchtlich stärkere zu sein.

Ich bemerke hierbei, dass zu diesem Versuche nur eins der oben erwähnten neueren Prismen von mir angewandt wurde. Es ist aber klar, dass mit zunehmender Dispersion die Abschwächung des superponirten, nicht homogenen Lichtes beliebig gesteigert werden kann.

Der Anwendbarkeit dieser Methoden auf die Protuberanzen der Sonne steht, wie man sieht, principiell keine Schwierig-

keit im Wege.[1]) Das practische Gelingen ist jedoch, bei dem gegebenen Intensitätsverhältniss des homogenen Protuberanz- und superponirten Atmosphären-Lichtes, wesentlich davon abhängig, ob eine für dieses Verhältniss hinreichend starke Zerstreuung des Lichtes erzielt werden kann. Wenn es jedoch erlaubt ist, von der Intensität und Deutlichkeit, mit welcher die Linien der Protuberanzen erscheinen, namentlich die mittelste, — wovon ich mich durch eigene Anschauung am 24. December des vergangenen Jahres auf der Sternwarte zu Berlin überzeugt habe, — auf eine sehr bedeutende relative Helligkeit der Protuberanzen zu schliessen, so dürften die mir gegenwärtig durch den Besitz von vier vorzüglichen Prismensystemen zur Verfügung stehenden Mittel wohl ausreichend sein, um das Problem der Sichtbarkeit der Protuberanzen auf dem hier vorgeschlagenen Wege befriedigend zu lösen. —

[1]) Wegen noch nicht vollendeter Aufstellung der erforderlichen Instrumente habe ich bis jetzt auf eine eigene Prüfung dieser Methode an der Sonne verzichten müssen.

Beobachtungen von Protuberanzen der Sonne.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, öffentliche Sitzung vom 1. Juli 1869.)

Nach meiner in der Sitzung der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften vom 6. Februar d. J. mitgetheilten Methode, welche ich wegen unvollendeter Aufstellung der Instrumente erst jetzt zur Anwendung bringen konnte[1]), habe ich gegenwärtig mit grosser Schärfe und Deutlichkeit Protuberanzen beobachtet, deren Gestalt und allgemeiner Charakter durch die beifolgenden Zeichnungen veranschaulicht werden soll.

Der Natur der angewandten Methode gemäss wurde dieselbe Protuberanz gleichzeitig in drei verschiedenen Farben, den drei homogenen Linien ihres Spectrums entsprechend, beobachtet. Hierbei besteht jedoch ein wesentlicher Unterschied zwischen der rothen und blauen Figur einerseits, und der gelben andrerseits. Die letztere ist nur in unmittelbarer Nähe des Sonnenrandes sehr intensiv und mit den andern Figuren übereinstimmend, während in grösserem Abstande die feineren Details der Zeichnung verschwinden. Dieser Unterschied scheint nicht blos subjectiv durch die grössere Helligkeit des Spectrums in jener Gegend bedingt zu sein, sondern durch eine der beiden folgenden Annahmen erklärt werden zu müssen:

---

[1]) Nach einer vor Kurzem in den *Proceedings of the Royal Society* Nr. 109, 1869 veröffentlichten Notiz ist es auch Hrn. Huggins vermittelst einer andern Methode gelungen, die Umrisse eines protuberanzähnlichen Gebildes zu erkennen. Der Schluss dieser Notiz lautet: *A more detailed account is not now given, as I think I shall be able to modify the method so as to make the outline of these objects more easily visible.*

entweder, die Strahlen, welchen die gelbe Figur ihr Entstehen verdankt, gehen von einem specifisch schwereren und deshalb in geringerer Höhe als Wasserstoff befindlichen Gase aus,

oder, die in grösserer Nähe der Sonnenoberfläche gesteigerten Temperatur- und Druckverhältnisse des Wasserstoffs bedingen die Emission der betreffenden Strahlengattung.

Die erste Protuberanz, welche ich beobachtete, ist in Fig. 1 dargestellt. Ueber einer intensiv leuchtenden, kegelförmig vom Sonnenrande aufsteigenden Masse, breitet sich ein wolkenartiges Gebilde von geringerer Intensität aus. Zu demselben Typus gehören die Protuberanzen Fig. 4 und Fig. 9.

In Fig. 4 war es auffallend, die überraschend schön entwickelte Cumulusgestalt der Wolke durch einen bedeutenden Zwischenraum vom Kegel getrennt zu sehen. Die Wolke war ausserordentlich zart und bis in die feinsten Details zu erkennen. Die einzelnen cumulusartigen Elemente, aus denen sich dieselbe zusammensetzte, erschienen fast wie mattleuchtende Punkte.

Eins der merkwürdigsten Gebilde war die zweite in Fig. 2 dargestellte Protuberanz. Ich traute meinen Augen kaum, als ich an derselben die züngelnde Bewegung einer Flamme wahrnahm. Diese Bewegung war jedoch im Verhältnisss zur Flammengrösse langsamer, als die entsprechende Bewegung hoch auflodernder Flammen bei grossen Feuersbrünsten. Die Zeit, welche eine solche Flammenwelle zu ihrer Fortpflanzung von der Basis bis zur Spitze des Gebildes brauchte, betrug ungefähr 2 bis 5 Secunden. Ich habe mich an den folgenden Tagen bemüht, diese Beobachtungen durch Auffindung ähnlicher Gebilde zu verificiren, bin aber trotz eifrigen und andauernden Suchens nicht im Stande gewesen, den beabsichtigten Zweck zu erreichen.

Deshalb bitte ich, diese Beobachtung noch als eine näher zu bestätigende zu betrachten.

Von der grossen Schnelligkeit jedoch, mit welcher sich die Protuberanzen ihrer Form und Intensität nach verändern, geben die Abbildungen in Fig. 3, Fig. 6 und Fig. 10 interessante Beispiele. In diesen drei Figuren sind die verschiedenen Gestalten

dargestellt, welche ein und dieselbe Protuberanz nach den darunter in mittlerer Leipziger Zeit angegebenen Intervallen annahm. Die in Bogensecunden darunter befindlichen Höhen beziehen sich auf den höchsten Punkt der betreffenden Protuberanz.

Die in Fig. 3 und Fig. 4 abgebildeten Protuberanzen sind gleichzeitig von Herrn Vogel, Assistenten an hiesiger Sternwarte, beobachtet und unsere Zeichnungen im Wesentlichen als übereinstimmend gefunden worden.

Wenn es gestattet ist, den Gesammteindruck der bis jetzt von mir beobachteten Protuberanzen mit irdischen Erscheinungen zu vergleichen, so wird man bei der überwiegenden Mehrzahl derselben an die mannigfachen Formen unserer Wolken und Nebel erinnert. Der Cumulus-Typus ist in den bereits oben angedeuteten Fällen aufs Vollkommenste ausgebildet. Ebenso erinnern andere Formen an Wolken- und Nebelmassen, welche sich dicht über Niederungen und Seen lagern, und, in ihren oberen Theilen durch Luftströme bewegt und zerrissen, von hohen Berggipfeln betrachtet, dem Beschauer jene bekannten, mannigfach wechselnden Formen darbieten.

Alle diejenigen, welche sich bis jetzt durch eigene Anschauung von dem Anblick der Protuberanzen an meinem Instrumente überzeugt haben, stimmen in ihrem Urtheil mit dem angewandten Vergleiche bezüglich des allgemeinen Charakters der Protuberanzen im Wesentlichen überein.

Eine Ausnahme hiervon bildet die flammenartige Protuberanz Fig. 2. Beim Anblick der Protuberanzen Fig. 1, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 9, vielleicht auch Fig. 5, setzt man unwillkürlich den unter der Wolke befindlichen, steil vom Sonnenrande aufsteigenden Theil in ein Causalverhältniss zu der darüber befindlichen Wolke. Man wird an Eruptionserscheinungen der Vulkane und heissen Springquellen erinnert.

In Betreff der Deutlichkeit, mit welcher sich die Gebilde vom Grunde abheben, lässt die angewandte Methode nichts zu wünschen übrig. Selbst bei ganz niedrigem Stande der Sonne von nur wenigen Graden Höhe, treten die Contouren und Einzelheiten der Protuberanzen mit einer Deutlichkeit hervor, die alle Beobachter lebhaft überrascht hat.

Aus d

Ich bin gegenwärtig damit beschäftigt, diese Methode derartig zu modificiren, dass das im blauen Theile des Spectrums gelegene Bild direct photographirt und auf diese Weise vervielfältigt werden kann.

Wenn es gelänge, sehr grosse Prismen von bedeutender Zerstreuung herzustellen, und mit dem Instrumente ein vorzügliches Uhrwerk zu verbinden, so könnte man das Sonnenbild derartig abblenden, dass der Spalt des Spectroskopes ein ringförmiger würde. Man wäre dann im Stande, an den betreffenden Stellen des Spectrums alle am Sonnenrande vorhandenen Protuberanzen gleichzeitig wahrzunehmen, ganz wie bei einer totalen Sonnenfinsterniss von beliebiger Dauer.

Schliesslich sei mir noch gestattet, eine Beobachtung mitzutheilen, die einerseits zu merkwürdig erscheint, um sie unerwähnt zu lassen, andrerseits, falls sich ihre Erklärung bewähren sollte, von grosser Tragweite für die Erweiterung unserer Kenntniss der in der Nähe der Sonnenoberfläche stattfindenden Vorgänge werden könnte.

Schon am 27. Juni, dem ersten heiteren Tage nach anhaltend trüber Witterung, beobachtete ich die hellen Protuberanzlinien, ohne dass es mir schon an jenem Tage gelungen wäre, die Gebilde in ihrer ganzen Ausdehnung wahrzunehmen. Sobald ich mich jedoch mit dem Spalt des Spectroskopes einer gewissen Stelle des Sonnenrandes näherte, an welcher die Protuberanzlinien besonders lang und hell hervortraten, durchzogen der ganzen Länge nach das Spectrum über dem Sonnenrande, in 3 bis 4 Minuten Abstand von letzterem, helle, linienartige Blitze. Diese Blitze erstreckten sich über den ganzen im Gesichtsfelde befindlichen Theil des Spectrums und steigerten sich an einer bestimmten Stelle des Sonnenrandes zu einer solchen Häufigkeit, dass ein Eindruck entstand, als ob das ganze Spectrum von geradlinigen Funkenbahnen schnell aufeinanderfolgender elektrischer Entladungen durchzogen würde.

Herr Vogel, welcher später an diesen Beobachtungen auf kurze Zeit Theil nahm, machte an einer andern Stelle des Sonnenrandes, wo ebenfalls wieder Protuberanzlinien erschienen, dieselbe Wahrnehmung.

An den folgenden Tagen habe ich die erwähnte Beobachtung nur vereinzelt an einigen Stellen des Sonnenrandes wiederholen können.

Diese Erscheinung würde durch die Annahme erklärt werden, dass in der Nähe der Sonnenoberfläche sich kleine intensiv glühende Körper bewegen, die Strahlen aller Brechbarkeiten aussenden und daher beim Vorüberziehen ihres Bildes vor dem Spalt des Spectroskopes an den Durchgangsstellen das Aufblitzen eines fadenförmigen Spectrums bewirkten.

Anmerkung.

Wie ich später erfuhr, sind diesen Erscheinungen ganz ähnliche auch ohne Spectroskop vielfach von andern Astronomen beobachtet und unter dem Namen „Lichtflocken" beschrieben worden. Der Annahme, dass diese Lichtflocken nicht, wie oben erwähnt, durch glühende Körper in der Nähe der Sonnenoberfläche, sondern höchstwahrscheinlich durch feine Spinnengewebe erzeugt werden, welche zu gewissen Zeiten in unserer Atmosphäre herumfliegen, ist mir nach dem Studium der folgenden literarischen Quellen sehr wahrscheinlich. Die folgenden Literaturangaben sind den „Astronomischen Nachrichten" entnommen. Die römische Ziffer bedeutet die Nummer des betreffenden Bandes.

Lichtflocken, beobachtet 1839 und 1841 XVII. 224—XIX. 220.
Lichtfunken, Lichtflocken und Lichtfäden bei Sonnenbeobachtungen, über dieselben XVI. 185, 287. für identisch mit dem fliegenden Sommer gehalten XVI. 187.
Lichtflocken, beobachtet zu Dessau 1843 Mai 6. XXI. 236.
1845 Juni 18. XXIV. 186.
1846 Juli 28. bis Aug. 16. XXV. 295.
im Jahre 1847 XXVII. 222.
1854 Juli 21. bis 24. XXXIX. 333.
in Hohenfelde im Jahre 1844 XXIII 270.
Lichtflocken vor der Sonne, gesehen von Schwabe LXXV 141.
(Aus den 4 Generalregistern Bd. 1—80. d. Astr. Nachr.)

Nachtrag zur vorhergehenden Abhandlung.

(Astronomische Nachrichten, Bd. 74, No. 1772.)

Nach einer soeben von Herrn Director Dr. Schellen in Cöln erhaltenen brieflichen Mittheilung ist es auch Herrn Lockyer nach der in obiger Abhandlung von mir entwickelten Methode gelungen, die Protuberanzen der Sonne in ihrer ganzen Ausdehnung zu beobachten. Zufolge jener Mittheilung hat Herr Lockyer ein Spectroskop mit sieben Prismen angewandt und seine Resultate in einem in der *Royal Institution* gehaltenen Vortrage mitgetheilt, welcher unter dem 15. Juni im Druck erscheinen soll. Da ich bis jetzt weder diesen Vortrag erhalten noch sonst etwas Näheres über die Resultate des Herrn Lockyer erfahren habe, so mag es hier gestattet sein, über das von mir angewandte Verfahren noch Folgendes mitzutheilen.

Das Spectroskop, welches nach meinen Angaben in der optischen Werkstatt des Herrn Tauber in Leipzig angefertigt worden ist, besitzt nur ein vorzügliches Prisma *à vision directe* von Merz. Das Spectroskop war in geeigneter Weise an dem sechsfüssigen Fraunhofer'schen Refractor der hiesigen Sternwarte befestigt. Die Höhe des Spaltes betrug in Bogen 6′ 20″, die Oeffnung variirte je nach der Höhe und Grösse der zu beobachtenden Protuberanz. Hierbei sei bemerkt, dass es am vortheilhaftesten für die Beobachtungen ist, die Längsrichtung des Spaltes tangential an den Sonnenrand zu bringen. Einerseits übersieht man hierdurch gleichzeitig eine grössere Strecke des Sonnenrandes, andererseits erlangt man den Vortheil, mit grosser Genauigkeit den Positionswinkel der Protuberanz zu bestimmen, indem der Eintritt

der Sonnenscheibe in den Spalt sich im ersten Moment durch das Aufblitzen eines schmalen, bandförmigen Spectrums in der Mitte des Gesichtsfeldes bemerklich macht. Diese Stelle des ersten Aufblitzens kann man durch Drehung des Spectroskopes um seine Längsaxe leicht an den Ort der betreffenden Protuberanz bringen, und in diesem Falle liegt der Spalt, wie leicht ersichtlich, tangential an der von der Protuberanz occupirten Stelle des Sonnenrandes. Die hierbei stattfindende Lage des Spectroskopes lässt sich an einem getheilten Kreise ablesen und giebt den Positionswinkel der betreffenden Protuberanz.

Um die einzelnen Punkte des Sonnenrandes bequem vor den Spalt des Spectroskopes zu bringen, kann man sich zweier verschiedener Methoden bedienen. Nach der einen befestigt man das Objectiv des Refractors derartig in einem Ringe, dass die optische Axe desselben etwa um 15′ gegen die Längsaxe des Rohres geneigt ist. Dreht man nun diesen Ring mit Hülfe einer vom Beobachter aus zu dirigirenden Schraube in dem Rohre, so beschreibt die optische Axe des Objectives einen Kegel von ca. 30′ Oeffnung, so dass im Focus successive verschiedene Randtheile des Sonnenbildes vor die Mitte des Spaltes kommen. Natürlich muss hierbei die Lage des letzteren in entsprechender Weise durch Drehung des Spectroskopes variirt werden.

Nach der andern Methode, welche den Vortheil einer unveränderten Lage des Spaltes bietet, lässt man die Strahlen vor ihrer Vereinigung zu einem Bilde durch ein sogenanntes umkehrendes oder Reversionsprisma gehen. Dreht man dasselbe um die Axe des Instrumentes, so rotirt auch das Sonnenbild um sein Centrum und lässt so successive verschiedene Stellen seines Randes auf den Spalt fallen. Der Positionswinkel wird alsdann durch die Lage des Reversionsprisma's bestimmt.

Eine sehr wichtige Rolle bei der ganzen Methode spielt die Grösse des Sonnenbildes im Refractor, oder, mit andern Worten, die Focaldistanz des angewandten Objectives. Aus der oben entwickelten Theorie der Methode folgt unmittelbar, dass bei demselben Spectroskope der Contrast

zwischen Protuberanz und Grund nur von der Oeffnungsweite des Spaltes abhängig ist. Da nun bei constanter Oeffnungsweite ein desto grösserer Theil der Protuberanz gleichzeitig erblickt wird, je kleiner das Sonnenbild ist, so folgt, dass man die Vergrösserung der zu beobachtenden Protuberanzen nicht durch das Sonnenbild, d. h. durch eine grosse Brennweite des Refractorobjectives, sondern möglichst durch den Linsenapparat des Spectroskopes zu erreichen suchen muss. Es kann dies leicht durch Anwendung einer im Verhältniss zur Brennweite des Beobachtungsrohres kurzen Brennweite des Collimators bewerkstelligt werden. Gesetzt z. B., man habe einen Refractor von 10 Fuss Focaldistanz mit einem Spectroskop in Verbindung gesetzt, bei welchem die Brennweiten beider Objective gleich gross. Ist es nun hierbei erforderlich, die Oeffnung des Spaltes bis zu einem Millimeter Breite zu erweitern, um eine Protuberanz von einer gewissen Ausdehnung gleichzeitig zu überblicken, so könnte diese Oeffnung bei einem 10mal kleineren Sonnenbilde bis auf $^1/_{10}$ Millimeter reducirt werden, wodurch alsdann die Protuberanz ebenfalls noch in ihrer ganzen Ausdehnung, aber mit einem 10mal stärkeren Contraste gegen den Spectralgrund gesehen würde. Um nun wieder dieselbe Vergrösserung der Protuberanz im Gesichtsfelde zu erlangen, welche man durch Verkleinerung des Sonnenbildes eingebüsst hat, braucht man nur die Brennweite des Collimators 10 mal kürzer als die Brennweite am Spectroskop zu machen. Man würde also, um bei dem gewählten Beispiele stehen zu bleiben, bei derselben optischen Vergrösserung der Protuberanz mit demselben Prismensysteme einen 10 mal besseren Effect erzielen, wenn man an Stelle des 10füssigen Refractors ein Fernrohr von nur einem Fuss Brennweite und hierbei die Focaldistanz des Collimators etwa zu 2 Zoll, die des Beobachtungsrohres zu 20 Zoll wählte. die Güte der Bilder wird hierbei, soweit sie durch die Linsensysteme bedingt ist, sehr wenig beeinflusst, da die Fehler der chromatischen Abweichung, wegen der Homogenität des Protuberanzenlichtes, gänzlich fortfallen, weshalb auch ohne alle Bedenken, wie ich mich durch zahlreiche Ver-

suche überzeugt habe, für derartige Combinationen passend gewählte unachromatische Linsen benutzt werden können. Die ausserordentliche Compendiosität, welche hierdurch derartige Instrumente zur Beobachtung der Sonnenprotuberanzen erlangen, gestattet eine feinere Bewegung durch Uhrwerke und eröffnet die Aussicht, auf diesem einfachen Wege die bereits in meiner früheren Abhandlung ausgesprochene Idee einer künstlichen totalen Sonnenfinsterniss von beliebiger Dauer zur gleichzeitigen Beobachtung aller am Sonnenrande befindlichen Protuberanzen in nächster Zeit zu verwirklichen.

Leipzig, 1869, August 26.

F. Zöllner.

Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Oeffentliche Gesammtsitzung am 12. December 1870.)

Es ist mehrfach versucht worden, die merkwürdige Thatsache der Periodicität in der Häufigkeit und Entwickelung der Sonnenflecken durch extrasolare Einflüsse zu erklären, unter denen die Einwirkung gewisser Planeten-Constellationen die bekannteste Hypothese ist.

Ein Versuch, jene Periodicität aus der Natur und physischen Beschaffenheit der Sonnenoberfläche auf Grund bekannter physikalischer Gesetze zu erklären, ist meines Wissens noch nicht gemacht worden, obschon unsere gegenwärtigen Kenntnisse, wie ich in Folgendem zu zeigen hoffe, ausreichend sind, um einen derartigen Versuch zu rechtfertigen.

Nach der von mir vertheidigten Ansicht über die Natur der Sonnenflecken sind dieselben schlackenartige Producte[1]) localer Abkühlungen auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche. Durch den unzweifelhaft eruptiven Charakter einer grossen Anzahl von Protuberanzgebilden wird die Annahme einer tropfbarflüssigen Oberfläche des Sonnenkörpers wesentlich gestützt, wenn nicht nothwendig gefordert, wie ich dies in einer früheren Abhandlung „über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne“[2]) ausführlicher erörtert habe. Ueber dieser glühenden Flüssigkeit lagert eine glühende Atmosphäre, die einen Theil der die Flüssigkeit constituirenden Stoffe im gas- oder dampfförmigen Zustande enthält.

---

[1]) Emile Gautier, *de la constitution du Soleil. Archives de Genève T. XVIII. p. 209. T. XIX. p. 265. T. XXIV. p. 21, 1869. Août.*

[2]) Berichte der königl. sächs. Gesellschaft d. W. Sitzung vom 2. Juni 1870. p. 103 ff. (Vgl. den später folgenden Abdruck dieser Abhandlung.)

Die Beschaffenheit dieser Atmosphäre muss die Intensität der Wärmeausstrahlung der von ihr eingehüllten Sonnenoberfläche in ähnlicher Weise beeinflussen, wie die Beschaffenheit der irdischen Atmosphäre die Wärmeausstrahlung der erwärmten Erdoberfläche beeinflusst. Ist nämlich die Atmosphäre unserer Erde ruhig und wolkenfrei, so ist die durch nächtliche Ausstrahlung erzeugte Temperaturerniedrigung am stärksten und als Resultate dieser Ausstrahlung bilden sich je nach der Temperatur Thau oder Reif.

In analoger Weise muss die Temperaturerniedrigung der glühendflüssigen Sonnenoberfläche durch Ausstrahlung an denjenigen Stellen am bedeutendsten sein, wo die darüber befindliche Atmosphäre möglichst ruhig und klar ist. An solchen Stellen wird sich die eingetretene Temperaturerniedrigung bei hinreichender Grösse auch durch eine Verminderung der Leuchtkraft bemerkbar machen und hierdurch einem entfernten Beobachter die Erscheinung eines dunklen Fleckes darbieten müssen.

Sind nun aber durch diesen Vorgang, der sich offenbar unter den erwähnten Bedingungen an verschiedenen Stellen gleichzeitig vollziehen kann, Temperaturverschiedenheiten auf der flüssigen Sonnenoberfläche eingetreten, so müssen sich dieselben, theils durch veränderte Ausstrahlung, theils durch Berührung und Leitung, der darüber lagernden Atmosphäre mittheilen und hierdurch in derselben nothwendig Gleichgewichtsstörungen hervorrufen.

Wie diese Störungen an den Grenzen der Sonnenflecken die Form von Wirbelwinden annehmen — nach Analogie unserer Land- und Seewinde — und hierdurch zur Bildung von wolkenartigen Condensationserscheinungen Veranlassung geben, welche in einer gewissen Höhe die Küsten jener Schlackeninseln umkränzen und uns als Penumbren erscheinen, habe ich bereits im vergangenen Jahre an einem anderen Orte entwickelt.[1]) Für die vorliegenden Betrachtungen ist es nur noth-

[1]) Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft. Jahrgang IV. p. 172 ff. (Vgl. den unten folgenden Abdruck der Liter. Anzeigen.)

wendig zu berücksichtigen, dass die in der beschriebenen Weise erzeugten Bewegungen in der Sonnenatmosphäre gerade diejenigen Bedingungen wieder aufheben, welche oben zu einer möglichst starken Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung als nothwendig erkannt wurden: nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre.

Die Ausstrahlung und die durch sie vermittelte Temperaturerniedrigung wird also beim Beginn der erwähnten Bewegungen durch Trübungen der Atmosphäre gehemmt und die abgekühlten Stellen können sich unter dem Einflusse dieser Hemmung allmälig wieder erwärmen, theils durch Berührung mit den darunter befindlichen heisseren Theilen der glühenden Flüssigkeit, theils von oben durch Berührung mit den von heisseren Stellen herbeiströmenden Gasmassen. Haben sich durch diesen Process die durch Ausstrahlung entstandenen Temperaturdifferenzen wieder ausgeglichen, so sind hierdurch auch die Sonnenflecken aufgelöst worden und es tritt in der Atmosphäre allmälig wieder jener ursprüngliche Gleichgewichtszustand ein, der von Neuem diejenigen Bedingungen herstellt, welche eine Wiederholung des geschilderten Vorganges herbeiführen können.

Es folgt aus dieser Betrachtung, das jeder einzelne Sonnenfleck den Bedingungen seiner Bildung und Auflösung gemäss nothwendig den Charakter eines Intermittenzphänomens trägt; aber sowohl der Eintritt wie die Dauer dieses Phänomens müssen mit Berücksichtigung der mannigfachen Complication meteorologischer Processe zunächst als vollkommen zufällig angesehen werden. Je grösser im Allgemeinen die Verbreitungsbezirke der zur Fleckenentwickelung günstigen Bedingungen, also der atmosphärischen Ruhe und Klarheit, sind, desto grösser müssen auch die durch Ausstrahlung abgekühlten Stellen, nämlich die Sonnenflecke sein.

Da die Auflösung eines Fleckes nach der entwickelten Theorie wesentlich durch eine Ausgleichung der vorhandenen Temperaturdifferenzen bedingt ist, und diese Ausgleichung bei gegebener Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit der sich berührenden Stoffe desto schneller vollendet sein muss, je kleiner die Ausdehnung der abgekühlten und wieder zu erwärmenden

Masse ist, so muss die Dauer eines Fleckes auf's Engste mit seiner Grösse zusammenhängen. Ebenso nothwendig ist es, dass die Verbreitungsbezirke der Störungen, welche durch die Anwesenheit eines Fleckes erzeugt werden, um so grössere Dimensionen annehmen und sich in um so grösserer Entfernung von dem eigentlichen Sitze der störenden Ursache, nämlich dem betreffenden Flecke, bemerklich machen, je grössere Ausdehnung der Letztere hat.

Es folgt hieraus, dass in der Umgebung eines grossen und vollständig entwickelten Fleckes im Allgemeinen die Bedingungen zur Bildung anderer Flecke ungünstig sind, indem durch die vorhandenen Bewegungen der Atmosphäre einerseits die durch Ausstrahlung abgekühlten Stellen wieder mit andern, wärmeren Theilen der Atmosphäre in Berührung kommen, andrerseits diese Bewegung Veranlassung zur Mischung verschieden warmer Theile der Atmosphäre untereinander geben und dadurch Condensationserscheinungen erzeugen, welche die Durchstrahlbarkeit der Atmosphäre in dem betrachteten Bezirke vermindern müssen.

Man kann demgemäss auf Grund der entwickelten Theorie allgemein den folgenden Satz aufstellen:

Ein Sonnenfleck übt innerhalb einer gewissen, von seiner Grösse abhängigen Entfernung, eine derartige Wirkung auf seine Umgebung aus, dass innerhalb dieses Bezirkes die fernere Bildung von Flecken verhindert oder erschwert wird.

Untersucht man ebenso die Bedingungen der Coëxistenz derjenigen Zustände der Sonnenatmosphäre, welche nach unserer Theorie die Bildung von Flecken begünstigen müssen — nämlich die Zustände der Ruhe und Klarheit — so zeigt eine einfache Betrachtung, dass diese Zustände, wenn sie an einer bestimmten Stelle längere Zeit hindurch wirksam sein sollen, — wie dies zur Erzeugung einer genügenden Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung erforderlich ist — auch nothwendig eine allgemeinere Verbreitung haben müssen.

Qualitativ walten hier ganz ähnliche Verhältnisse wie in unserer irdischen Atmosphäre ob; auch hier sind Zustände von längerer Dauer an einem bestimmten Orte nur möglich,

wenn der Verbreitungsbezirk der sie bedingenden Ursachen eine grössere und allgemeinere Ausdehnung in der Atmosphäre hat.

Wenn wir daher an einer bestimmten Stelle der Sonnenoberfläche das Entstehen eines Fleckes beobachten und hieraus auf einen an dieser Stelle vor der Entstehung längere Zeit hindurch wirksam gewesenen Zustand relativer Ruhe und Klarheit der Atmosphäre schliessen müssen, so wird dieser Zustand nach den soeben angestellten Betrachtungen nicht nur auf die vom Flecke eingenommene Stelle beschränkt gewesen sein, sondern auch noch innerhalb einer gewissen Entfernung in der Umgebung dieser Stelle vorausgesetzt werden müssen. Es werden folglich innerhalb dieses Verbreitungsbezirkes die Bedingungen zur gleichzeitigen Entstehung anderer Flecken günstiger und daher die Bildung der letzteren wahrscheinlicher als an entfernteren Stellen sein, so dass man allgemein den folgenden Satz aussprechen kann:

Diejenigen Zustände der Sonnenatmosphäre, welche an einer bestimmten Stelle die Bildung eines Fleckes bedingen, besitzen im Allgemeinen eine grössere Ausdehnung als der sich entwickelnde Fleck, so dass innerhalb des Verbreitungsbezirkes dieser günstigen Bedingungen die gleichzeitige Entstehung noch anderer Flecke wahrscheinlicher als an andern Stellen ist.

Durch diesen Umstand erklärt sich vielleicht ganz ungezwungen das Auftreten der Flecken in Gruppen; denn die Grösse der einzelnen Flecke hängt offenbar nicht nur von der Grösse der die Ausstrahlung vermittelnden klaren Stellen der Atmosphäre ab, sondern, ähnlich wie die Grösse unserer Eisschollen, auch von den Cohäsionsverhältnissen der Abkühlungsproducte und der Ruhe der Flüssigkeit, auf welcher dieselben schwimmen.

Die in beiden Sätzen enthaltenen Resultate lassen sich kürzer dahin aussprechen, dass in der Sonnenatmosphäre innerhalb einer gewissen Ausdehnung gleichartige Zustände sich begünstigen, ungleichartige sich hemmen oder ausschliessen. Hierdurch entsteht innerhalb der be-

trachteten Grenzen eine Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände.

Solange diese Tendenz nur auf verhältnissmässig geringe Entfernungen von den betreffenden Stellen beschränkt bleibt, wie dies bei den bisherigen Betrachtungen vorausgesetzt wurde, muss jede einzelne Fleckengruppe als eine vollkommen isolirte, von andern Gruppen getrennte Erscheinung angesehen werden, deren Ort, Entstehung und Dauer gegenüber anderen Flecken durch relativ zufällige Umstände bedingt sind. Unter dieser Voraussetzung müsste daher die durchschnittliche Zahl und Grösse der gleichzeitig auf der ganzen Sonnenoberfläche vorhandenen Flecken, nach Analogie eines meteorologischen oder statistischen Mittels, eine Constante sein, welche, wie alle derartige Constanten, durchschnittlich nur als ein besonderer Ausdruck für die innerhalb gewisser Grenzen als constant wirkenden mittleren Zustände der betrachteten Aggregate von Einzelerscheinungen aufzufassen ist. Abstrahirt man im vorliegenden Falle von dem numerischen Werthe dieser Constanten, nämlich der durchschnittlichen Zahl und Grösse der Sonnenflecken, und untersucht nur diejenigen Umstände, von welchen ihre Eigenschaft, eine Constante zu sein, abhängt, so sind bei Ausschluss extrasolarer Einflüsse im Wesentlichen nur zwei Ursachen denkbar, durch welche sich jener Werth in eine mit der Zeit veränderliche Grösse verwandelt, nämlich:

1. eine Aenderung der mittleren Temperatur der Sonne,
2. eine gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Flecken bezüglich ihrer Entstehung, Dauer und Grösse.

Beide Ursachen können getrennt oder gemeinsam wirken; es mögen jedoch zunächst die Wirkungen jeder Ursache für sich unter Ausschluss der andern näher betrachtet werden.

In Betreff der ersten Ursache ist ohne Weiteres klar, dass wenn die Sonnenflecken Abkühlungsproducte sind, ihre durchschnittliche Zahl und Grösse ein bestimmter Ausdruck für das Abkühlungsstadium der Sonne sein muss, da alle andern Eigenschaften der letztern — ihre Masse und relative Quantität der chemischen Bestandtheile — unverändert bleiben. Mit Abnahme der Temperatur würde dann die durchschnittliche Menge

der Abkühlungsproducte continuirlich bis zur Verdunkelung der ganzen Sonnenoberfläche wachsen, im entgegengesetzten Falle bis zum vollständigen Verschwinden der Flecken abnehmen müssen.

Die zweite Ursache, wie sie auch beschaffen sein mag, hebt diejenige Bedingung der einzelnen Fleckenerscheinungen auf, vermöge welcher sie bezüglich ihrer Entstehung, Dauer und Grösse als relativ zufällige Erscheinungen zu betrachten sind. Nur unter dieser Voraussetzung kann aber den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit gemäss der Mittelwerth jener Grössen eine Constante sein. Folglich muss unter Einwirkung der zweiten Ursache jener Mittelwerth ebenfalls in eine mit der Zeit veränderliche Grösse verwandelt werden.

Ueber die besondere Beschaffenheit dieser Veränderlichkeit sind aber nur drei Annahmen möglich, nämlich:

1. der betrachtete Mittelwerth wächst continuirlich;
2. derselbe nimmt continuirlich ab;
3. derselbe oscillirt zwischen Maximis und Minimis.

Die beiden ersten Fälle würden unter der oben gemachten Voraussetzung über die Bedeutung der durchschnittlichen Zahl und Grösse der Flecken lediglich die Folge einer Aenderung des mittleren Temperaturzustandes der Sonne und zwar beziehungsweise einer Ab- oder Zunahme dieses Zustandes sein können. Nimmt man daher unserer Voraussetzung gemäss für die betrachteten Zeiträume jene Aenderungen der mittleren Temperatur der Sonne als verschwindend an, so bleibt für die allgemeine Beschaffenheit der Veränderung des fraglichen Mittelwerthes nur die dritte Möglichkeit übrig, nämlich der Charakter einer oscillirenden Function.

Die Dauer der einzelnen Oscillationen hängt wesentlich von denjenigen Ursachen und Bedingungen ab, vermöge welcher sie entstehen. Sind daher diese Umstände längere Zeit hindurch constant, so muss auch die Dauer der durch sie bedingten Oscillationen constant sein und hierdurch die durchschnittliche Zahl und Grösse der betrachteten Erscheinungen in eine periodische Function der Zeit verwandelt werden.

Um auf Grund der hier entwickelten Sätze die Periodicität in der Häufigkeit und Grösse der Sonnenflecken zu erklären,

ist es, wie man sieht, nur erforderlich, eine derartige Beziehung zwischen den einzelnen Sonnenflecken anzunehmen, wie sie die zweite der betrachteten Ursachen verlangt. Zu diesem Zwecke bedarf es aber nur einer räumlich hinreichend grossen Ausdehnung der bereits oben für einzelne Bezirke der Sonnenatmosphäre abgeleiteten Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände. Eine solche allgemeinere Ausdehnung der Gleichgewichtsstörungen in der Atmosphäre der Sonne ist nun nicht nur wahrscheinlich, sondern wird, wie ich glaube, durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt, welche zeigen, dass sich um die Zeit der Maxima der Flecken auf der ganzen Oberfläche der Sonne grosse Umwälzungen vollziehen, die sich unter Anderem auch in der Bildung und Beweglichkeit der sogenannten Fackeln manifestiren. [1]) Es würde unter dieser Voraussetzung der Uebergang von einem Maximum zu einem Minimum der Sonnenflecken nichts anderes, als ein grosser, in der ganzen Sonnenatmosphäre gleichzeitig stattfindender Ausgleichungsprocess von Druck und Temperaturdifferenzen sein, die sich nach eingetretener Ruhe und Klarheit der Atmosphäre in Folge der hierdurch begünstigten Ausstrahlung von Neuem erzeugen und so die Wiederholung des ganzen Processes bedingen.

Die Dauer eines solchen Ausgleichungsprocesses wird, bei durchschnittlich constanter Grösse der auszugleichenden Differenzen, im Wesentlichen von drei Umständen abhängen: nämlich von der Leitungsfähigkeit, Beweglichkeit und Masse derjenigen Körper, an welchem sich der Process vollzieht.

Im vorliegenden Falle würde offenbar die Auflösung der Flecken um so schneller von Statten gehen, je grösser die Leitungsfähigkeit der die Flecken bildenden Abkühlungsproducte und je grösser die Beweglichkeit der über diesen Producten lagernden Atmosphäre ist. Der Zustand atmosphärischer Ruhe und Klarheit, der nach vollendeter Auflösung die Bedingung zur Entstehung neuer Flecken ist, wird desto

[1]) R. Wolf, Virteljahrsschrift der Naturf. Ges. zu Zürich. Jahrgang XIII. Heft 2. p. 118.

früher wieder eintreten, je kleiner die Masse der bewegten Luftmengen ist. Diese Masse würde aber im betrachteten Falle durch diejenige der gesammten Sonnenatmosphäre repräsentirt werden und daher constant sein müssen ebenso wie diese Constanz des mittleren Werthes für die beiden andern Grössen, der Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit, bei Berücksichtigung der ganzen Sonnenoberfläche innerhalb langer Zeiträume vorhanden sein wird. Wenn aber die wesentlichen Bedingungen einer Erscheinung constant sind, so müssen auch die wesentlichen der von ihnen bedingten Momente jener Erscheinung constant bleiben, und ein solches Moment ist im vorliegenden Falle die Zeit, welche zwischen einem Maximum und Minimum in der Zahl und Grösse der Sonnenflecken verfliesst. Andrerseits ist ersichtlich, dass im Laufe solcher Zeiträume, in denen die Abnahme der mittlern Temperatur der Sonne einen merklichen Einfluss auf die erwähnten Eigenschaften ausübt, auch die Periodendauer solche Aenderungen erleiden muss, welche bei fortdauernder Abkühlung continuirlich das Ende des ganzen Phänomens durch die schliessliche Incrustirung des ganzen Sonnenkörpers herbeizuführen geeignet sind.[1])

Die bisherigen Betrachtungen erstreckten sich auf die Abhängigkeit der Anzahl und Grösse der Sonnenflecken von der Zeit. Die Beobachtungen haben jedoch gezeigt, dass eine solche Abhängigkeit auch bezüglich des Ortes stattfindet, indem sowohl in einer schmaleren Aequatorialzone als auch in höheren Breiten die Grösse und Zahl der Flecken eine geringere als an andern Orten ist. Ich glaube, dass

[1]) Es mag in Kürze darauf hingewiesen werden, dass das wesentliche Princip der vorstehend für die Periodicität der Sonnenflecken gegebenen Erklärung auch allgemeinere Geltung hat und auf alle solche Erscheinungen anwendbar ist, welche durch das Zusammenwirken einer grösseren Anzahl von Einzelerscheinungen erzeugt werden. Besitzen letztere einen oscillatorischen oder intermittirenden Charakter und sind durch eine Tendenz zur Coëxistenz gleichartiger Zustände verbunden, — wie z. B. mehrere auf ein und demselben Brete befestigte Uhren — so muss im Allgemeinen das hieraus resultirende Summationsphänomen mit der Zeit einen periodischen Charakter annehmen.

sich auch diese räumliche Vertheilung der Flecken auf Grund der entwickelten Theorie in folgender Weise erklären lässt.

Die einzige uns genauer bekannte Ursache, welche eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Puncten der Sonnenoberfläche nach Massgabe ihrer heliographischen Breite bedingt, ist die Rotation des Sonnenkörpers. Durch diese Eigenschaft der Sonne werden jedoch nicht nur phoronomische sondern auch physische Unterschiede zwischen den einzelnen Theilen ihrer Oberfläche erzeugt, indem dadurch die Intensität der Schwere in eine Function der heliographischen Breite verwandelt wird, welche am Aequator ein Minimum besitzt. Diese Unterschiede der Gravitation sind von wesentlichem Einfluss auf die allgemeinen Bewegungen und Strömungen der Sonnenatmosphäre.

Zur näheren Bestimmung dieses Einflusses denke man sich eine ruhende, von einer Atmosphäre umgebene feste Kugel, deren Oberfläche überall von gleicher Beschaffenheit ist und stets auf einer so hohen constanten Temperatur erhalten wird, dass fortdauernd eine constante Wärmeausstrahlung stattfindet. Unter diesen Voraussetzungen wird sich mit der Zeit ein bestimmter Gleichgewichtszustand in der Atmosphäre herstellen; die Temperatur derselben wird theils durch Leitung, theils durch Strahlung von der heissen Oberfläche in jeder concentrischen Schicht constant erhalten. Es ist hierbei bemerkenswerth, dass der Antheil, welchen beide Ursachen an der Erwärmung der Atmosphäre haben, von der Temperatur der Kugeloberfläche abhängt, indem die bei niedriger Temperatur ausgesandten, sogenannten dunklen Wärmestrahlen im Allgemeinen viel stärker als die bei hohen Temperaturen ausgesandten leuchtenden Wärmestrahlen von diathermanen Körpern absorbirt werden. Auf der Sonne wird demgemäss der Einfluss der Wärmeleitung auf die Temperatur der Atmosphäre im Vergleiche mit dem Einfluss der Strahlung ein relativ grosser sein.

Ein zweiter, und für die gegenwärtigen Betrachtungen sehr wichtiger Umstand besteht darin, dass die durch Leitung in der Atmosphäre erzeugten Temperaturunterschiede nur mit

einem labilen Gleichgewicht der übereinander lagernden Luftschichten verträglich sind.

Um sich die Richtigkeit dieser Behauptung zu veranschaulichen, setze man bei der betrachteten Kugel an Stelle der Atmosphäre eine flüssige Umhüllung voraus, deren unterste Schicht durch Berührung mit der heissen Kugeloberfläche erwärmt, deren oberste durch Ausstrahlung abgekühlt wird. Die unteren Theile der Flüssigkeit haben alsdann vermöge ihres geringeren specifischen Gewichtes das Bestreben emporzusteigen. Da aber dieses Emporsteigen nur möglich ist, wenn an einer andern Stelle gleichzeitig ein Herabsteigen stattfindet, so wird bei der an allen Stellen der Kugel vorausgesetzten, vollkommenen Gleichheit der Bedingungen kein Grund vorhanden sein, weshalb an irgend einer Stelle dieses Auf- oder Herabsteigen der Flüssigkeit eher stattfinden sollte als an einer andern. Nach dem Satze vom zureichenden Grunde wird daher überhaupt keine Gleichgewichtsstörung stattfinden können, so lange nicht durch irgend eine, wenn auch noch so geringfügige Ursache, ein Unterschied zwischen zwei verschiedenen Puncten der Kugeloberfläche erzeugt wird. Nimmt man z. B. an, dass an irgend einer Stelle die Intensität der Schwere verändert wird, so muss das Gleichgewicht gestört werden und es wird nach dem Archimedes'schen Princip an den Stellen geringerer Schwere ein Emporsteigen, an den andern Stellen ein Herabsteigen der Flüssigkeit stattfinden müssen.

Bei einer rotirenden Kugel sind nun derartige Unterschiede als Functionen des Abstandes vom Aequator vorhanden, und da an den Puncten des Letzteren die Intensität der Schwere ein Minimum besitzt, so muss hier ein Emporsteigen der gleichmässig von unten erwärmten Flüssigkeits- oder Luftmassen stattfinden.

Die Geschwindigkeit des Emporsteigens und die Stärke der dadurch erzeugten Strömungen hängt wesentlich nur von den Temperaturdifferenzen und den hierdurch bedingten Unterschieden des specifischen Gewichtes der bewegten Massen ab. Die Grösse der Rotation spielt hierbei nur eine untergeordnete Rolle, indem in dem oben betrachteten Beispiele offenbar schon

die langsamste Rotation genügen würde, um bei der grossen Verschiebbarkeit der einzelnen Flüssigkeitstheilchen eine Störung des labilen Gleichgewichtes in dem erwähnten Sinne herbeizuführen.

Die Bewegungen, welche auf diese Weise in den flüssigen Umhüllungen einer von Innen erwärmten Kugel erzeugt werden, üben nun aber eine leicht ersichtliche Rückwirkung auf die Temperaturvertheilung der Kugeloberfläche selber aus. In den höheren Breiten sinken die zu beiden Seiten des Aequators abfliessenden oberen Ströme herab, nachdem sie auf diesem Wege einen Theil ihrer Wärme durch Strahlung verloren haben, welcher ihnen auf ihrem unteren Wege zum Aequator durch Berührung mit der heissen Oberfläche durch Leitung mitgetheilt wurde. Die polaren Regionen der rotirenden Kugel werden folglich stets von kühleren Theilen der strömenden Flüssigkeitsmassen bespült als die Aequatorialzonen, welche vorwiegend mit den auf ihrem Wege von den Polen bereits erwärmten unteren Strömungen in Berührung kommen. Hierdurch muss die Temperatur der Aequatorialzone erhöht, die der Polarzonen erniedrigt werden und auf diese Weise eine Temperaturvertheilung entstehen, welche für sich allein auch bei einer nicht rotirenden Kugel die angedeuteten Strömungen in demselben Sinne erzeugen müsste.[1])

Untersuchen wir jetzt den Einfluss, welchen diese Strömungen auf die atmosphärischen Condensationserscheinungen ausüben, so ist zunächst als allgemeine Bedingung der letzteren die Temperaturerniedrigung bestimmter Theile der Atmosphäre hervorzuheben. Solche Temperaturerniedrigungen

[1]) Secchi hat mit Hülfe thermoskopischer Beobachtungen die Temperaturvertheilung auf der Sonnenoberfläche untersucht und gelangt durch Discussion seiner Beobachtungen zu folgenden, mit obigen Resultaten übereinstimmenden Ergebnissen: *„Les régions équatoriales sont à une température plus élevée que les régions situées au delà du 30° degré de latitude et la difference est au moins de* $\frac{1}{16}$*“.*

Vergl. Secchi, *Le Soleil. Paris (1870), p. 133.* Ausserdem *Nuovo ricerche sulla distribuzione del calore alla superficie solare. (Tortolini, Annal. sc. mat. e fis. IV. 1853.)*

können in Folge der erwähnten Strömungen in doppelter Weise stattfinden, nämlich einerseits durch den aufsteigenden Luftstrom am Aequator, anderseits durch die Mischung der äquatorialen und polaren Strömungen in höheren Breiten. Im ersten Falle werden die emporsteigenden Luftmassen dem Einflusse der Wärmeleitung an der Oberfläche entzogen und erleiden ausserdem durch ihre Ausdehnung beim Emporsteigen in höhere Regionen der Atmosphäre eine Abkühlung, in Folge deren sich ein Theil ihrer gasförmigen Stoffe in Gestalt von Wolken ausscheiden muss. Diese Wolken brauchen indessen durchaus nicht eine so niedrige Temperatur zu besitzen, dass sie uns als dunkle Stellen erscheinen, vielmehr können sie mit Berücksichtigung der hohen Temperatur der Sonne nur aus Stoffen in glühendem Zustande bestehen, so dass sich derartige Condensationserscheinungen auf der leuchtenden Sonnenscheibe nur wenig oder gar nicht bemerklich machen werden. Dagegen halte ich es für wahrscheinlich, dass wir bei den noch warmen, grossen Planeten Jupiter und Saturn in den hellen Aequatorialstreifen die durch die Sonne beleuchteten Wasserdampfwolken des dort aufsteigenden Luftstromes beobachten.

Wir haben folglich in der Aequatorialzone und in den Regionen höherer Breiten auf der Sonnenoberfläche Gebiete vorwiegender atmosphärischer Trübungen, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. Die Bedingungen zur Wärmeausstrahlung der glühendflüssigen Oberfläche müssen demgemäss an diesen Stellen im Durchschnitt günstiger als an andern sein und folglich auch die Entwickelung der Sonnenflecken, als Resultate dieser Ausstrahlung, hier begünstigen.

Die bisher betrachteten Gleichgewichtsstörungen der Sonnenatmosphäre, durch welche ihr die Bedingungen einer möglichst vollkommenen Durchstrahlbarkeit geraubt wurden, waren wesentlich durch Temperaturdifferenzen erzeugt. Seitdem jedoch das Spectroskop die beständige Anwesenheit zahlreicher und gewaltiger Eruptionen von glühenden Wasserstoffmassen aus dem Innern der Sonne erwiesen hat, müssen offenbar auch diese Eruptionen als eine Quelle von localen

Gleichgewichtsstörungen der Atmosphäre angesehen werden. Sollten daher fortgesetzte und genügend zahlreiche Beobachtungen eine Abhängigkeit der Häufigkeit und Stärke dieser Eruptionen von ihrer heliographischen Breite ergeben, wie dies durch die Beobachtungen Respighi's bereits angedeutet zu sein scheint, so könnte sich zwischen der Häufigkeit der Flecken und der eruptiven Protuberanzen bezüglich ihrer räumlichen Vertheilung ein gewisser Gegensatz herausstellen,[1]) soweit derselbe nicht durch die bereits angeführten Ursachen einer verminderten Wärmeausstrahlung ausgeschlossen ist.

Die Resultate der vorstehenden Abhandlung lassen sich also kurz in folgenden Worten zusammenfassen:

Die Sonnenflecke sind schlackenartige, durch Wärmeausstrahlung auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche entstandene Abkühlungsproducte, welche sich in Folge der durch sie selber in der Atmosphäre erzeugten Gleichgewichtsstörungen wieder auflösen. Sind diese Störungen nicht nur locale, sondern allgemeiner verbreitete, so ist in Zeiten solcher allgemeiner atmosphärischer Bewegungen die Bildung neuer Flecken wenig begünstigt, weil alsdann der Oberfläche die wesentlichsten Bedingungen zu einer starken Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung fehlen, nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre. Erst wenn die Letztere nach Auflösung der Flecken allmälig wieder zur Ruhe gekommen ist, beginnt der Process von Neuem und erhält auf diese Weise, bei den durchschnittlich für lange Zeiträume als constant zu betrachtenden mittleren Verhältnissen der Sonnenoberfläche, einen periodischen Charakter. — Die räumliche Vertheilung der Flecken muss nach dieser Theorie durch die Zonen grösster atmosphärischer Klarheit bedingt sein, welche, wie gezeigt, im Allgemeinen mit den Zonen grösster Häufigkeit der Flecken zusammenfallen.

[1]) *Respighi, Osservazioni del bordo e delle protuberanze etc. Bulletino meteorologico. Roma 28. Febr. 1870.*

Ueber die spectroskopische Beobachtung der Rotation der Sonne und ein neues Reversionsspectroskop.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math.-phys. Classe am 1. Juli 1871.)

Einer freundlichen Einladung Folge leistend, begab ich mich in den Pfingstferien nach Bothkamp bei Kiel, um auf der dortigen für astrophysikalische Untersuchungen glänzend ausgestatteten Privatsternwarte des Kammerherrn von Bülow diejenigen Untersuchungen in Angriff zu nehmen, über welche ich die Ehre hatte, vor zwei Jahren der Königlichen Gesellschaft bei Vorzeigung meines Reversionsspectroskopes einige vorläufige Mittheilungen zu machen.

Der in Bothkamp aufgestellte und mit einem vorzüglichen Uhrwerk versehene grosse Refractor von Schröder in Hamburg ist nicht nur nach dem Pulkowaer Refractor das grösste Instrument auf dem Continent, sondern nimmt wahrscheinlich unter allen Refractoren von gleicher Grösse durch seine hohe optische und mechanische Vollendung den ersten Rang ein. Herr Dr. H. C. Vogel, der Director der Sternwarte, und Herr Dr. Lohse als Assistent haben sich, entsprechend den wissenschaftlichen Intentionen des Gründers der Sternwarte, die Aufgabe gestellt, die ihnen in so überaus liberaler Weise zur Verfügung gestellten Mittel vorzugsweise im Dienste der Astrophysik zu verwerthen. Als die ersten Früchte dieser verdienstvollen Bestrebungen mögen die folgenden Mittheilungen über die spectroskopische Beobachtung der Sonnenrotation und die obigen Untersuchungen über das Nordlicht von Dr. Vogel betrachtet werden.

(S. Ber. d. Kgl. Sächs. Ges. d. W. am 1. Juli 1871.)

Das Reversionsspectroskop hatte für den beabsichtigten Zweck einige Abänderungen erhalten, die sich zum Theil auf die Construction selber, zum Theil auf die Art und Weise der Befestigung am Bothkamper Refractor bezogen. Dieselben waren bei meiner Abreise noch nicht ganz vollendet, so dass ich mir das Instrument nachschicken lassen musste. Dasselbe traf am 31. Mai in Bothkamp ein und wurde sofort mit dem Refractor in Verbindung gesetzt. Leider war aber das Wetter während der drei Tage, welche mir für den Aufenthalt in Bothkamp noch übrig blieben, ungünstig. Nur am Abend des 2. Juni gestattete die stellenweis gelichtete Wolkendecke bei tiefem Stande der Sonne wenigstens einen Versuch zu machen. Während ich durch das Spectroskop blickte, stellte Vogel mit Hülfe des Suchers den Refractor auf verschiedene Theile der Sonnenscheibe. Ich beobachtete eine kleine Verschiebung der in beiden Spectren zur Coincidenz gebrachten Natronlinien, und ohne von der Lage des Spaltes auf der Sonnenscheibe etwas zu wissen, beantwortete ich stets die Fragen von Vogel über den Sinn der Verschiebung in einer der Stelle entsprechenden Weise. Allein schon nach Verlauf weniger Minuten bedeckte sich der Himmel wieder, so dass ich selbst im Wesentlichen unverrichteter Sache heimkehrte und den Herren Vogel und Lohse mein Instrument zu weiteren Untersuchungen unter günstigeren Verhältnissen überliess.

Zu meiner Freude erhielt ich bereits nach wenigen Tagen einen Brief vom 9. Juni 1871, in welchem mir Herr Dr. Vogel Folgendes mittheilt:

„Heute in aller Kürze die Nachricht, dass wir, Dr. Lohse und ich, gestern die Verschiebung der Linien durch die Rotation der Sonne mit Hülfe des Reversionsspectroskopes

bestimmt und wiederholt

gesehen haben. Messungen mit einiger Sicherheit auszuführen ist bei der jetzigen Einrichtung des Apparates nicht gut möglich. Vor allem müssen die beiden Spectra vollkommen gleich hell, der Spalt aber so fein wie nur irgend möglich gearbeitet sein, da die Querlinien bei so feinen Messungen stören.“

Ein zweiter Brief, vom 14. Juni datirt, enthält folgende Mittheilungen:

„Mit meinem Spectralapparat habe ich — nachdem, wie ich Ihnen schon mittheilte, mit dem Ihrigen die Verschiebung der Linien durch die Rotation der Sonne gesehen worden war — mit Anwendung der 5 stark zerstreuenden, im Kreise stehenden Prismen, die ich vorher auf die Gegend bei *F* gestellt hatte, eine Verschiebung nicht nur gesehen, sondern auch ihrer Grösse nach geschätzt. Die feine Linie hinter *F* (Abstand 1,5 Zehnmillionstel Millimeter. Siehe Angström's Atlas) sehe ich etwa halb so weit von der *F*-Linie abstehen, als die Entfernung der *Na*-Linien in Ihrem Spectroskop beträgt. $^1/_{20}$ dieses Abstandes lässt sich zur Noth noch schätzen. Alle Schätzungen von Dr. Lohse und mir geben nicht ganz 0.1 eines Zehnmillionstel Millimeter, was einer Geschwindigkeitsdifferenz der Aequatorialränder von ca. 0.7 Meilen entsprechen würde, während in Wirklichkeit die Drehung 2×0.27, also 0.54 Meilen beträgt. Stellte man das Fernrohr auf den Nord- und Süd-Punct der Sonne, so war keine Verschiebung vorhanden, also auch keine Durchbiegung der einzelnen Theile des Apparates während der Beobachtung. Der Nachweis der Rotation der Sonne mit Hülfe des Spectroskopes ist demnach als sicher zu betrachten. Ich werde übrigens die Versuche mit noch stärkerer Vergrösserung wiederholen.

Ferner ein zweites, nicht weniger interessantes Factum. Bei einigen Nebelflecken (planetarischen), welche nach andern Beobachtern nur 3 Linien zeigen, konnte ich noch einige Linien mehr finden, davon ist eine, die ich und Lohse ganz bestimmt gesehen haben, höchst wahrscheinlich mit der hellsten Nordlichtlinie zusammenfallend. Das würde zu merkwürdigen Schlüssen Veranlassung geben."

Eine genauere Beschreibung dieser und der später angestellten Beobachtungen giebt Herr Dr. Vogel in Folgendem:

Beobachtungen.

„1871 Juni 9. Mit Hülfe Ihres Reversionsspectroskops wurde die Verschiebung der Linien durch die Rotation der Sonne von Dr. Lohse und mir entschieden gesehen. Es wurden die Versuche auf folgende Weise angestellt:

Während das Spectroskop mit Hülfe des Uhrwerks auf den einen (vorausgehenden) Sonnenrand gerichtet war, wurde die Coincidenz der D-Linien in den beiden übereinanderliegenden Spectren mit möglichster Schärfe bewerkstelligt, darauf wurde das Uhrwerk angehalten und der Moment des Austrittes des zweiten (nachfolgenden) Sonnenrandes beobachtet. Deutlich war die Nichtcoincidenz der D-Linien am zweiten Sonnenrande, bei allen den sehr zahlreich wiederholten Beobachtungen, wahrzunehmen.

Juni 10 haben wir die Versuche mit unserem sehr stark zerstreuenden Spectroskop von Schröder, welches aus 5 Prismen *à vision directe* und aus ebensovielen im Kreise stehenden Prismen von sehr schwerem Glase besteht, wiederholt. Das Beobachtungsfernrohr vergrösserte neunmal. Im Brennpunct desselben befand sich eine feine Stahlspitze, welche auf die F-Linie oder auf eine sehr feine Linie, etwas brechbarer als F (Wellenlänge nach Angstr. 4859.17), eingestellt wurde, während das Spectroskop auf den einen Sonnenrand gerichtet war. Spitze und Linie deckten sich nicht mehr, wenn das Licht von Theilen des anderen Sonnenrandes auf den Spalt fiel. Um Durchbiegungen zu vermeiden, wurde die Vorsicht gebraucht, das Fernrohr festzustellen und durch die tägliche Bewegung das Bild der Sonne vor dem Spalt vorüber gehen zu lassen. Bei Einstellungen in der Nähe des Nord- und Südpols der Sonne, wo keine Verschiebungen zu erwarten waren, blieb die Coincidenz von Spitze und Spectrallinie vollkommen unverändert, und war dies auch ein Beleg dafür, dass bei geringer Bewegung des Refractors etwa stattfindende Veränderungen im Spectralapparat so gering sind, dass sie auf die Beobachtungen ohne Einfluss bleiben.

Juni 11. Die Beobachtungen wurden in derselben Weise angestellt wie am Tage zuvor. Die Grösse der Verschiebung der Linien gegen die Spitze im Brennpunct des Fernrohrs wurde durch zahlreiche Schätzungen festzustellen versucht, indem der Abstand zweier nahe stehender Linien im Spectrum als Einheit angenommen wurde. Unsere Angaben schwankten zwischen 0.010 und 0.015 Mill. Millim., woraus für die Bewegung eines Punctes des Sonnenäquators eine Geschwindigkeit von 0.42 Meilen in der Secunde folgen würde.

Juni 15. Die Beobachtungen wurden wie früher ausgeführt, nur hatte ich anstatt der Spitze im Beobachtungsfernrohr ein sehr feines Fadenkreuz angebracht und stärkere Vergrösserungen angewandt. Eine 24fache Vergrösserung konnte noch mit Vortheil benutzt werden, es erschienen damit die Fraunhofer'schen Linien überaus scharf. In der Nähe der *F*-Linie und der Gruppe *b* habe ich Schätzungen vorgenommen, aus denen sich für die Grösse der Verschiebung 0.008 Mill. Millimeter ergab. Es würde daraus für die Geschwindigkeit der Bewegung eines Aequatorpunctes 0.35 Meilen resultiren. — Auffällig ist es, dass die Beobachtungen stets eine grössere Geschwindigkeit geben, als die aus der bekannten Umdrehungszeit der Sonne berechnete, doch würde es gewagt sein, irgend welche Schlüsse daraus ziehen zu wollen, da einestheils die Schätzungen sehr unsicher, anderntheils die Wellenlängen der einzelnen Linien im Sonnenspectrum nicht so genau bestimmt sind, dass die Unsicherheit, gegen die zu bestimmende Grösse der Verschiebung selbst, verschwindend wird; nur so viel geht aus allen Beobachtungen hervor, dass eine Verschiebung der Linien durch die Rotation der Sonne als mit Sicherheit nachgewiesen zu betrachten ist."

Im Anschluss an diese Resultate, welche, wie man sieht, dem Reversionsspectroskop für die Zukunft eine sehr ausgedehnte Anwendung für quantitative Bestimmungen im Gebiete der spectralanalytischen Untersuchungen versprechen, erlaube ich mir die Construction eines neuen und wesentlich vereinfachten Reversionsspectroskopes mitzutheilen. Ich habe dasselbe bereits bei der Beschreibung des früher angegebenen

Reversionsspectroskopes angedeutet,[1]) mich aber seitdem von der practischen Brauchbarkeit derartig überzeugt, dass jenes Princip mit grosser Leichtigkeit für alle spectroskopischen Untersuchungen angewandt werden kann, ohne dass man, wie bisher, Fadenkreuze, Spitzen oder beleuchtete Objecte zur Bestimmung der Lagenverhältnisse von Linien bedarf.

Die hierzu erforderliche Einrichtung des Beobachtungsrohres eines jeden Spectroskopes kann in doppelter Weise hergestellt werden, nämlich:

1. durch das Reversions-Objectiv,
2. durch das Reversions-Ocular.

1. Beschreibung des Reversions-Objectivs.

Das Objectiv des Beobachtungsrohres ist diametral zerschnitten und beide Hälften lassen sich vermittelst Schrauben nur senkrecht zur Schnittlinie verschieben, d. h. also nähern oder entfernen. Vor der einen dieser beiden Objectivhälften ist ein rechtwinkliges Reflexions-Prisma derartig beweglich angebracht, dass die Hypotenusenfläche senkrecht auf der zur Schnittlinie parallelen Ebene und bei normaler Einstellung parallel der optischen Axe des Fernrohres steht. Betrachtet man durch ein mit einem derartigen Objective versehenes Fernrohr irgend einen Gegenstand, so erscheint derselbe in einer zur Schnittlinie des Objectives senkrechten Richtung verdoppelt. Es hängt einerseits von den Dimensionen des betrachteten Objectes, andrerseits von dem Abstande der beiden Objectivhälften ab, ob die beiden Componenten des Doppelbildes sich gerade berühren oder übereinandergreifen oder getrennt von einander sind. Gleichzeitig ist aber diejenige der beiden Componenten bezüglich einer zur Schnittlinie senkrechten Axe umgekehrt, deren Strahlen durch das Reflexionsprisma gegangen sind.

Ersetzt man daher das Beobachtungsrohr irgend eines beliebigen Spectralapparates durch ein derartig eingerichtetes Fernrohr und stellt letzteres so, dass die brechenden Kanten des Reflexions- und Dispersions-Prismas parallel sind, so erhält man bei entsprechend regulirtem Abstande der beiden

[1]) Vgl. oben S. 50.

Objectivhälften zwei dicht aneinandergrenzende Spectra bei entgegengesetzter Richtung der Farbenreihe. Da bei nicht parallelen Strahlen die Divergenz oder Convergenz durch totale Reflexion verändert wird, so muss für solche Fälle zur Herstellung einer gleichen Brennweite der beiden Objectivhälften eine verschiebbare Hälfte einer Linse in dem Beobachtungsrohr angebracht werden.

Wird die Richtung der optischen Axe des Beobachtungsrohres in derselben Weise verändert, wie dies zur Beobachtung verschiedener Theile des Spectrums in der Mitte des Gesichtsfeldes gewöhnlich geschieht, so sieht man die Linien beider Spectra nach entgegengesetzten Richtungen durch das Feld wandern und kann auf diese Weise durch Ablesung des Neigungswinkels bei der Coincidenz derselben Linien in beiden Spectren die Lage derselben ganz wie bei Anwendung von Miren im Gesichtsfelde, aber mit der doppelten Zerstreuungsgrösse und der durch das Princip der doppelten Bilder gesteigerten Genauigkeit ablesen. Differentialbestimmungen kann man ausserdem durch eine sehr feine Verstellung des Reflexionsprismas bewirken.

2. Beschreibung des Reversions-Oculars.

Der Zweck des Reversions-Oculars und das Princip seiner Wirksamkeit sind dieselben wie beim Reversions-Objectiv. Während jedoch das letztere ein zerschnittenes Objectiv voraussetzt, ist dies bei Anwendung des Reversions-Oculars nicht der Fall.

Dasselbe enthält nämlich das bewegliche Reflexionsprisma in entsprechend verkleinertem Maassstabe dicht vor der Collectivlinse des Oculars, so dass das Gesichtsfeld zur Hälfte von diesem Prisma verdeckt erscheint und die beiden Spectra auf diese Weise in entgegengesetzter Richtung nebeneinander beweglich sind. Da hier keine parallelen Strahlen auf das Reflexionsprisma fallen, so ist durch die verschiebbare Hälfte eine Concavlinse zwischen dem nicht vom Prisma bedeckten Theile des Oculars für entsprechende Correction der Brennweiten gesorgt.

Die Schärfe der Berührung der beiden Spectra ist beim Reversions-Ocular eine bei weitem geringere als beim Reversions-Objectiv. Man kann diesen Uebelstand jedoch durch Anwendung einer Cylinderlinse vor dem Ocular zum Theil beseitigen, wodurch die Linien verlängert werden und gleichzeitig die dunkle Trennung verwaschen wird. — Eine derartige Anwendung von Cylinderlinsen unmittelbar vor dem Ocular-deckel erlaube ich mir überhaupt allgemein da vorzuschlagen, wo die durch Staub oder sonstige Ungleichheiten des Spaltes entstehenden Querlinien bei feineren Messungen störend wirken. Diese Linien werden hierdurch ganz verwaschen und verschwinden sogar bei nicht allzugrossen Dicken, während die dazu senkrechten Spectrallinien nichts von ihrer Schärfe einbüssen.

Ueber den Aggregatzustand der Sonnenflecke.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math-phys. Classe vom 7. Nov. 1873.)

1.

Kirchhoff spricht in den „Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente“ [1]) seine Anschauung von der physischen Beschaffenheit der Sonne in folgenden Worten aus:

„Die wahrscheinlichste Annahme, die man machen kann, ist die, dass die Sonne aus einem festen oder tropfbarflüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern besteht, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur“.

„Bei der Sonnenatmosphäre sind es Schichten, die in gewisser Höhe über der Oberfläche des Kernes sich befinden, die das Meiste zur Bildung der dunklen Linien des Spectrums beitragen; die untersten Schichten nämlich, die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen“.

Diese Sätze, welche allen meinen bisherigen Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Sonne zu Grunde liegen, sollen auch den Ausgangspunct der folgenden Entwickelungen bilden.

[1]) Abhandlungen der Königl. Akademie d. W. zu Berlin 1861. p. 83.

Die nächste wahrscheinliche Folgerung, welche sich aus jenen Kirchhoff'schen Sätzen ergiebt, besteht darin, dass die über der glühendflüssigen Oberfläche befindliche Atmosphäre in ihren unteren Schichten im Allgemeinen mit einer Nebel- und Wolkendecke erfüllt ist, welche in einer gewissen Höhe über dem glühendflüssigen Meere schwebt.

In der That gewährt die leuchtende Sonnenoberfläche in starken Fernröhren und unter günstigen Luftverhältnissen den Anblick eines Aggregates cumulusartiger Gebilde von leuchtenden Wolken.[1])

Die Erkennbarkeit dieser Wolken ist bedingt durch ihren Helligkeitsunterschied von denjenigen Stellen, welche, von Wolken befreit, uns den Anblick tieferer Schichten oder des glühendflüssigen Kernes gestatten. Jener Helligkeitsunterschied aber, von welchem die Sichtbarkeit der glühenden Wolkengebilde abhängt, ist offenbar an dieselbe Bedingung geknüpft, welche Kirchhoff oben für die glühenden Gasschichten der Sonnenatmosphäre überhaupt ausspricht. Demgemäss lässt sich folgender, für das Verständniss der Vorgänge an der Sonnenoberfläche wichtige Satz allgemein aufstellen:

Wolken in der Sonnenatmosphäre, „die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eignes Glühen nahe ersetzen".

Aus diesem Satze ergiebt sich:

Erstens, dass die Wolken in den tieferen Schichten der Sonnenatmosphäre sehr schwer wahrnehmbare Gebilde sein

[1]) *„En effet, nous avons dit que la matière lumineuse du Soleil est analogue aux brouillards ou aux nuages; dès lors, il es bien naturel d'admettre que les grains sont les sommets des mamelons arrondis terminant ces masses raporeuses qui flottent comme nos cumuli, dans l'atmosphère solaire. Rien n'est plus commun, même sur la Terre, qui de voir, du sommet d'une montagne, des brouillards et des nuages produire un effet semblable; les dimensions énormes de ces corps solaires, présentant une étendue de plusieurs centaines de kilomètres, ne peurent que rendre cette explication plus plausible". P. Secchi, Le Soleil p. 37.*

müssen, da die Wahrnehmbarkeit eines Gegenstandes nur durch Helligkeitsdifferenzen zwischen ihm und seiner Umgebung ermöglicht wird;

Zweitens, dass die Annahme wolkenartiger Verdichtungsproducte und der Nachweis ihrer Entstehung zur Erklärung der Sonnenflecke und ihrer geringeren Helligkeit allein nicht ausreichend ist; es muss gleichzeitig eine Ursache nachgewiesen werden, durch welche das betreffende Wolkengebilde dergestalt eine dauernde Temperaturerniedrigung erleidet, dass sich dasselbe durch Verminderung des Emissionsvermögens für Licht und Wärme wochen- und monatelang als dunkler Fleck von seiner Umgebung unterscheidet.

2.

Im Allgemeinen sind nur zwei Ursachen denkbar, durch welche ein glühender Körper eine Temperaturerniedrigung erleiden kann, nämlich:

1. durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper,
2. durch Ausstrahlung.

Da in der Sonnenatmosphäre die äusseren Schichten die kühleren, die tieferen die heisseren sind, so wäre die erste Art einer localen Abkühlung der leuchtenden Wolkendecke nur dadurch möglich, dass an der betreffenden Stelle durch einen absteigenden Luftstrom, kühlere Gasmassen aus höheren Schichten mit den heisseren Wolken in tieferen Schichten in Berührung kämen.

Indessen selbst die Annahme eines solchen permanenten, absteigenden Luftstromes — ganz abgesehen von der Frage nach seiner Ursache — würde, wie mir scheint, allein nicht ausreichend sein, die fragliche Temperaturerniedrigung und dadurch eine hinreichende Verminderung der Lichtemission an der betreffenden Stelle zu erklären. Denn durch jene kühleren und höheren Schichten der Sonnenatmosphäre blicken wir, da sie durchsichtig sind, auf die heissere und tiefere Wolkenschicht. Soll also die Temperatur der letzteren durch Berührung mit den ersteren erniedrigt werden, so kann dies doch nur wieder auf Kosten einer entsprechenden Temperatur-

erhöhung der herabströmenden kälteren Gastheile geschehen, die ohnedies durch Compression beim Herabsteigen in dichtere Schichten eine Temperaturerhöhung erleiden müssten. Hierdurch würde aber die Lichtemission der herabgeströmten Gastheile wieder erhöht, wodurch jedenfalls ein Theil des Lichtverlustes, den sie durch Abkühlung an der tiefer gelegenen Wolkenschicht erzeugen, wieder durch Zunahme ihrer eigenen Lichtentwickelung ersetzt wird. Es dürfte daher auch für diese, in tiefere Schichten herabsteigenden Luftmassen *mutatis mutandis* dasselbe gelten, was oben in den Kirchhoff'schen Sätzen für die unteren Schichten der Sonnenatmosphäre allgemein ausgesprochen wurde: sie verändern das Licht nur wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Abkühlung herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich der folgende Satz:

Zur Erklärung einer localen Abkühlung von längerer Dauer an der Sonnenoberfläche muss die Temperaturerniedrigung durch Leituug bei Berührung mit einem kälteren Körper ausgeschlossen werden[1]).

1) Es ist selbstverständlich, dass eine locale Abkühlung in der leuchtenden Wolkendecke der Sonne noch weniger durch einen aufsteigenden und daher heisseren Luftstrom erzeugt werden kann. Stellen an denen solche aufsteigenden Ströme mit besonderer Heftigkeit stattfinden, werden vielmehr durch die höhere Temperatur der dabei gebildeten wolkenartigen Verdichtungsproducte als helle, etwas über dem allgemeinen Niveau der Sonnenoberfläche erhöhte Stellen erscheinen, wie die sogenannten Fackeln, nicht aber als dunkle, vertiefte Stellen, wie die Flecken. Bereits Liais bemerkt in einer schönen und sorgfältigen Arbeit vom Jahre 1867: *„Par conséquent dans les points où la photosphère s'élève au-dessus de son niveau général, on devra voir des facules"*. (Mém. de Cherbourg 1867. p. 334.)

Ich würde es für überflüssig gehalten haben, diese einfachen Folgerungen besonders hervorzuheben, wenn nicht neuerdings Herr Professor Reye versucht hätte, die Sonnenflecke durch aufsteigende Ströme „an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche" als „wolkenartige Verdichtungsproducte in den tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre, welche sich ähnlich wie die grossen Wolkenschichten der irdischen Cyclonen von unten her erneuern" zu

Denn gesetzt, man leugnete die Richtigkeit dieses Satzes, und wollte die in der That über den Sonnenflecken beobachteten absteigenden Ströme *(down-rush)* als Ursache der localen Temperaturerniedrigung betrachten, so wäre man doch wiederum gezwungen, eine bestimmte Ursache anzugeben, durch welche gerade an dieser Stelle wochen- und monatelang absteigende Ströme erzeugt werden.

Verzichtet man hierbei auf die Annahme unbekannter extrasolarer Ursachen, so bleibt nur die Annahme einer Temperaturerniedrigung in den tiefer als das allgemeine Niveau der leuchtenden Wolkendecke gelegenen Schichten der Sonnenatmosphäre übrig. Denn eine solche locale Erniedrigung der Temperatur ist allein im Stande, nach uns bekannten Analogien in der irdischen Atmosphäre dauernd absteigende Ströme zu erzeugen.

Da jedoch diese Temperaturerniedrigung auf der Sonne nicht durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper erzeugt werden kann, so bleibt nur die Annahme einer intensiveren Ausstrahlung von Wärme als Ursache jener localen Abkühlung übrig. Die Aufgabe der weiteren Erklärung kann also nur darin bestehen, die Ursachen nachzuweisen:

Erstens, durch welche in den unterhalb des Niveaus der leuchtenden Wolkenschicht gelegenen Theilen der Sonne an einer bestimmten Stelle eine stärkere Wärmeausstrahlung stattfinden kann als an andern Stellen.

Zweitens, durch welche die so erzeugte Temperaturerniedrigung und folglich alle durch sie bedingten Erscheinungen (Dunkelheit, absteigende Ströme) längere Zeit hindurch localisirt bleiben können.

3.

Die Beantwortung der ersten Frage habe ich bereits vor drei Jahren in meiner Abhandlung „Ueber die Periodicität

erklären. (Vergl. Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen-Atmosphäre dargestellt und wissenschaftlich erklärt von Dr. Th. Reye, ordentl. Professor an der Universität Strassburg. Hannover 1872. p. 178.)

und heliographische Verbreitung der Sonnenflecke[1]) durch folgende auf die Sonnenatmosphäre bezüglichen Erläuterungen zu geben versucht.

„Die Beschaffenheit dieser Atmosphäre muss die Intensität der Wärmeausstrahlung der von ihr eingehüllten Sonnenoberfläche in ähnlicher Weise beeinflussen, wie die Beschaffenheit der irdischen Atmosphäre die Wärmeausstrahlung der erwärmten Erdoberfläche beeinflusst. Ist nämlich die Atmosphäre unserer Erde ruhig und wolkenfrei, so ist die durch nächtliche Ausstrahlung erzeugte Temperaturerniedrigung am stärksten, und als Resultate dieser Ausstrahlung bilden sich je nach der Temperatur Thau oder Reif. — In analoger Weise muss die Temperaturerniedrigung der glühendflüssigen Sonnenoberfläche durch Ausstrahlung an denjenigen Stellen am bedeutendsten sein, wo die darüber befindliche Atmosphäre möglichst ruhig und klar ist. An solchen Stellen wird sich die eingetretene Temperaturerniedrigung bei hinreichender Grösse auch durch eine Verminderung der Leuchtkraft bemerkbar machen und hierdurch einem entfernten Beobachter die Erscheinung eines dunklen Fleckes darbieten müssen".

Wenn aber die leuchtende Wolkendecke der Sonne in Folge der angegebenen Bedingungen an einzelnen Stellen sich lichtet und uns so den Blick auf die tiefer gelegenen Schichten der Atmosphäre oder auf die Oberfläche des glühendflüssigen Kernes gestattet, so darf man nicht erwarten, dass dieses Phänomen sich unmittelbar auch optisch für unsere Wahrnehmung in auffallender Weise bemerklich machen wird, etwa wie die Aufhellung der Wolkendecke eines von der Sonne beleuchteten Planeten. Denn „Wolken in der Sonnenatmosphäre, die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen".

Mit Berücksichtigung der Lichtabsorption in der Sonnenatmosphäre selber und des Einflusses, den die verschiedene

[1]) Berichte der K. S. Ges. d. W. 12. Dec. 1870 p. 339. (Vgl. oben S. 69).

Tiefe der darin befindlichen leuchtenden Objecte unter sonst gleichen Umständen auf ihre Helligkeit äussern muss, ist es sogar nicht einmal möglich, *a priori* den Sinn der Helligkeitsänderung zu bestimmen, welcher bei einer solchen Aufhellung in der Sonnenatmosphäre eintritt. Denn die grössere Helligkeit der tiefer gelegenen und deshalb heisseren Objecte könnte durch jene Absorption compensirt oder sogar vermindert werden. Indessen scheinen öfter hellere Stellen (Fackeln) an denjenigen Orten der Sonnenoberfläche beobachtet zu werden, wo einige Tage später die Entwickelung eines Fleckes stattfindet[1]).

Es handelt sich jetzt um die Discussion der zweiten Frage: durch welche Umstände können Temperaturunterschiede, die durch Ausstrahlung an der Oberfläche eines Körpers entstanden sind, möglichst lange Zeit localisirt bleiben?

Um unsere Betrachtungen an bestimmte Vorstellungen zu knüpfen, denken wir uns drei heisse Körper in Form von Kugeln, die sich bis auf ihren Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) durch Nichts von einander unterscheiden. Einer jeden dieser Kugeln sei an einer gleich grossen Stelle dieselbe Wärmequantität entzogen und hierdurch bei allen eine gleiche, locale Temperaturerniedrigung erzeugt. Welche Kugel wird zur Ausgleichung der entstandenen Temperaturdifferenz an ihrer Oberfläche die längste Zeit erfordern? Offenbar die feste, denn bei ihr kann die Ausgleichung nur durch Leitung der

[1]) Secchi, *Le Soleil* p. 38. Wenn man mit dem Namen „Fackeln" allgemein nur hellere Stellen auf der Sonnenoberfläche bezeichnet, so könnte man vielleicht, falls obige Annahme richtig ist, bezüglich der Ursache ihrer Entstehung zwei Arten von Fackeln unterscheiden:

1. solche, welche, wie die oben erwähnten, durch Aufhellung der leuchtenden Wolkendecke entstehen. Dieselben würden am Rande der Sonne verschwinden und nur in den centralen Theilen der Sonnenscheibe sichtbar sein.
2. solche, welche wie die um den äusseren Rand der Penumbra befindlichen durch aufsteigende heissere Luftströme erzeugt werden. Diese Fackeln treten am Rande deutlicher hervor, wie dies schon Liais in seiner oben erwähnten Arbeit durch die Absorption der äusseren, kühleren Schichten der Sonnenatmosphäre erklärt hat.

Wärme geschehen, während bei den beiden andern Kugeln diese Ausgleichung auch noch durch die Bewegungen der verschieden erwärmten Körpertheile beschleunigt wird, und zwar um so mehr, je grösser unter übrigens gleichen Umständen die Beweglichkeit des Stoffes ist. Es wird also auch an der Oberfläche der flüssigen Kugel eine entstandene Temperaturdifferenz länger verharren müssen, als an der Oberfläche der gasförmigen.

Man kann also allgemein den folgenden Satz aussprechen:

Eine locale Temperaturerniedrigung an der Oberfläche eines Körpers erfordert eine um so längere Zeit zu ihrer Ausgleichung, je weniger beweglich unter übrigens gleichen Umständen die Theile des Körpers sind. Folglich muss der feste Aggregatzustand eines Körpers am besten geeignet sein, einen, durch irgend welche Umstände entstandenen, Wärmeverlust an seiner Oberfläche längere Zeit zu fixiren.

Da nun die Sonnenflecke Stellen localer Temperaturerniedrigung an der Oberfläche eines glühenden Körpers sind, die sich zuweilen mehrere Monate hindurch erhalten können, so ist die Annahme eines festen Aggregatzustandes der Kerne der Flecken die wahrscheinlichste Annahme, welche zur Erklärung ihrer längeren Dauer gemacht werden kann. Demgemäss treffen die Einwendungen, welche man im Hinblick auf die hohe Temperatur der Sonne gegen das längere Bestehen schlackenartiger Abkühlungsproducte erhoben hat, in noch viel höherem Masse die wolkenförmigen Verdichtungsproducte.

Gleichzeitig folgt aber auch aus den Bewegungen der Flecke, sowohl in Länge als Breite, dass die Oberfläche, auf welcher jene Schlacken schwimmen, eine flüssige sein muss.

4.

Fasst man die wesentlichen Momente der für den festen Aggregatzustand der Sonnenflecke gegebenen Deduction kurz zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

Die geringere Helligkeit der Sonnenflecken kann nur die Folge einer localen Temperaturerniedrigung sein. Diese kann

nicht durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper erzeugt werden; noch weniger durch aufsteigende Ströme aus tieferen und deshalb heisseren Schichten[1]); sie muss deshalb durch Ausstrahlung an solchen Stellen entstanden sein, wo die hierzu günstigen Bedingungen der Atmosphäre realisirt waren. Zur längeren Localisirung des hierdurch entstandenen Wämeverlustes ist der feste Aggregatzustand der günstigste, weil bei diesem die Ausgleichung der Temperaturerniedrigung nur durch Leitung möglich ist, und nicht wie bei Körpern im flüssigen oder gasförmigen Zustande noch durch Gleichgewichtsstörungen beschleunigt wird.

Demgemäss ist meine Vorstellung von der physischen Beschaffenheit der Sonne, entsprechend den bisher von mir vertretenen Anschauungen, kurz folgende:

Die Sonne ist ein glühendflüssiger Körper, umgeben von einer glühenden Atmosphäre; in der letzteren schwebt eine fortdauernd sich erneuernde Decke von leuchtenden, cumulusartigen Wolkengebilden in einem gewissen Abstande über der flüssigen Oberfläche. An solchen Stellen, wo die Wolkendecke sich vermindert oder auflöst, entstehen durch kräftige Ausstrahlung auf der glühendflüssigen Oberfläche schlackenartige Abkühlungsprodukte. Dieselben liegen folglich tiefer als das allgemeine Niveau der leuchtenden Wolkendecke und bilden die Kerne der Sonnenflecke. Ueber diesen abgekühlten Stellen entstehen absteigende Luftströme (*down-rush*), welche um die Küsten der Schlackeninseln eine Circulation der Atmosphäre einleiten, der die Penumbren ihren Ursprung verdanken. Die innerhalb dieses Circulationsgebietes gebil-

[1]) Die beim Aufsteigen einer erhitzten Luftmasse durch ihre Ausdehnung eintretende Abkühlung bezieht sich selbstverständlich auf diejenige Temperatur, welche die Luftmasse selber in tieferen Schichten besass, nicht auf die Temperatur derjenigen höheren Schicht, in welcher sie zu Ruhe kommt. Denn unter die Temperatur dieser Schicht kann diejenige der emporgestiegenen Masse nicht sinken. Da nun die Kerne der Flecken tiefer als das Niveau der leuchtenden Wolkendecke liegen, so müssten sie als Wolken eines aufsteigenden Stromes eine höhere Temperatur als letztere besitzen und daher hellere, nicht dunklere Stellen der Sonnenoberfläche sein.

deten wolkenartigen Abkühlungsproducte werden hinsichtlich ihrer Gestalt und Temperatur durch die Natur der strömenden Bewegung bestimmt. Sie müssen uns daher in Folge ihrer Temperaturerniedrigung weniger leuchtend als die übrige Wolkendecke der Sonnenoberfläche und trichterartig vertieft durch ihre absteigenden Bewegungen über dem Fleck erscheinen[1]).

5.

Obschon diese Darstellung und Begründung meiner Anschauungen von der physischen Beschaffen der Sonne für

---

[1]) Der äussere Rand der Penumbra liegt folglich im Niveau der leuchtenden Wolkendecke, durch welche im Allgemeinen die Grenzen der Sonnenscheibe für unsere Wahrnehmung bestimmt sind. Diese Bemerkung wird ausreichen, um einen Einwand zu beseitigen, welchen kürzlich Herr Faye als Consequenz meiner Anschauung von der Penumbra ausgesprochen hat. Herr Faye bemerkt nämlich gelegentlich einer Reproduction meiner Theorie, man müsste zufolge derselben beim Verschwinden eines Fleckes am Sonnenrande jenes trichterförmig vertiefte Wolkengebilde frei schwebend auf der Chromosphäre projicirt erblicken. (*... quand la tache arrive au bord, ce tore, ce bourrelet ou cette espèce dentonnoir devra se dessiner en saillie sur la chromosphère ... mais je ne le vois pas: s'il existait, on l'aurait vu cent fois, on l'aurait dessiné.* Vergl. *Comptes rendus 25. Août 1873. p. 503.*) Es konnte diese Folgerung des Herrn Faye nur aus einer irrthümlichen Auffassung meiner Theorie entspringen; ich habe niemals behauptet, dass wir direct auf die Oberfläche des glühendflüssigen Kernes der Sonne blicken, sondern stets besonders darauf aufmerksam gemacht, dass dieselbe mit Dämpfen, Nebeln und Wolken bedeckt ist, auf welche zunächst unsere Blicke treffen.

Es scheint, als ob man diesen Umstand bei der Beurtheilung meiner Schlackentheorie und den gegen dieselbe erhobenen Einwendungen gänzlich übersehen hat. Ich könnte mir sonst wenigstens nicht erklären, wie man den so deutlich ausgesprochenen wolkenartigen Charakter der Penumbra und den schnellen Wechsel ihrer inneren und äusseren Contouren als Argument gegen die schlackenartige Natur des Kernfleckes hat anführen können. Selbst die Oberfläche jener Schlackenmassen wird mit nebel- und wolkenartigen Condensationsproducten bedeckt sein müssen, wie ich dies in meiner letzten Abhandlung (diese Ber. 21. Febr. 1873) ausdrücklich durch folgende Bemerkung zu erläutern versuchte: „Bei der dampfreichen Atmosphäre der Sonne und der immer noch sehr hohen Temperatur abgekühlter Schlacken wird man es als unzweifelhaft betrachten dürfen, dass unsere Blicke nicht direct auf die feste Masse des Kernfleckes, sondern auf die über demselben condensirten Dämpfe fallen".

vorurtheilsfreie Leser ausreichend sein dürfte, die wesentlichsten Einwendungen zu beseitigen, welche derselben bisher von ihren Gegnern gemacht worden sind, so halte ich es dennoch den letzteren gegenüber nicht für überflüssig, am Schlusse dieser Arbeit noch etwas specieller auf jene Einwendungen einzugehen.

Soweit mir bekannt, sind es besonders zwei Argumente, die der Annahme schlackenartiger Abkühlungsproducte für die Sonnenflecke entgegengestellt wurden:

Erstens die schnelle Veränderlichkeit ihrer Grenzen und die vielfach daran beobachteten wolkenartigen Neubildungen.

Zweitens die hohe Temperatur und Wärmestrahlung der Sonne, welche solche Schlackenmassen schnell wieder schmelzen und auflösen müsste, wenn auch nur ein geringer Theil der ausgestrahlten Wärme von ihnen absorbirt würde.

Zur Widerlegung des ersten Einwandes genügt es, sich zu vergegenwärtigen, wie gerade durch die von mir vertretenen Anschauungen von der Entstehung der Penumbra ein grosser Reichthum solcher Bewegungen und Wolkenbildungen erzeugt werden muss, wie sie den erwähnten Beobachtungen entspricht. Wenn man daher meiner Theorie nicht fälschlich die Folgerung unterschiebt, man müsste direct auf die glühendflüssige Oberfläche des Sonnenkörpers blicken und dort die Schlacken, ähnlich denjenigen auf der glühendflüssigen Masse eines Schmelzofens, herumschwimmen sehen, so verliert der erste Einwand jede Berechtigung.

Die Nothwendigkeit einer hell leuchtenden Wolkendecke, welche die glühendflüssige Sonnenoberfläche allseitig umhüllt, habe ich übrigens bei jeder sich darbietenden Gelegenheit in meinen Arbeiten hervorgehoben. Denn meine ganze Theorie der Periodicität und heliographischen Verbreitung der Sonnenflecke hat jene Wolkendecke zu einer ihrer wesentlichen Voraussetzungen, und ich habe in der betreffenden Abhandlung vor drei Jahren über die Temperatur und Sichtbarkeit dieser Wolken Folgendes bemerkt:[1])

[1]) Vergl. diese Berichte, 12. Dec. 1870, p. 349.

„Diese Wolken brauchen indessen durchaus nicht eine so niedrige Temperatur zu besitzen, dass sie uns als dunkle Stellen erscheinen, vielmehr können sie mit Berücksichtigung der hohen Temperatur der Sonne nur aus Stoffen in glühendem Zustande bestehen, so dass sich derartige Condensationserscheinungen auf der leuchtenden Sonnenscheibe nur wenig oder gar nicht bemerklich machen werden."

Es folgt hieraus, sowie namentlich aus den oben mehrfach wiederholten Sätzen Kirchhoff's, dass weder die Auflösung noch die Bildung wolkenartiger Trübungen in der Sonnenatmosphäre optisch leicht wahrnehmbare Erscheinungen sein können, etwa ähnlich den Trübungen in unserer Atmosphäre oder in derjenigen eines mit reflectirtem Lichte leuchtenden Planeten.

Mit Berücksichtigung dieses Umstandes hielt ich mich für berechtigt, die Ursache der geringeren Häufigkeit der Sonnenflecke in der Polar- und Aequatorialzone durch die hier, in Folge der allgemeinen Circulation der Sonnenatmosphäre, vorwiegend vorhandenen atmosphärischen Trübungen zu erklären, indem durch diese der Sonnenatmosphäre gerade diejenigen Bedingungen geraubt werden, welche allein eine kräftige Temperaturerniedrigung tiefer gelegener Stellen durch Ausstrahlung ermöglichen.

Ich drückte dieses Argument a. a. O. mit folgenden Worten aus:

„Wir haben folglich in der Aequatorialzone und in den Regionen höherer Breiten auf der Sonnenoberfläche Gebiete vorwiegender atmosphärischer Trübungen, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. Die Bedingungen zur Wärmeausstrahlung der glühend-flüssigen Oberfläche müssen demgemäss an diesen Stellen im Durchschnitt günstiger als an anderen sein und folglich auch die Entwickelung der Sonnenflecken, als Resultate dieser Ausstrahlung, hier begünstigen".

Ich glaube, dass es bei gehöriger Berücksichtigung dieser Verhältnisse keiner weiteren Erörterungen bedarf, um Einwendungen wie die folgenden zu widerlegen:

„Wären die Flecke schlackenartige Abkühlungsproducte, die wie Schollen auf einer flüssigen Oberfläche schwimmen, so müssten sie nach unserer Meinung gerade an den kälteren Sonnenpolen am häufigsten sich zeigen“ [1]).

oder:

„Si elles étaient de simples scories dues au refroidissement, ce ne serait pas sans doute dans les régions les plus chaudes, qu'on les verrait se former; or c'est, au contraire, dans les zônes voisines de l'équateur, qu'elles apparaissent et jamais aux pôles“ [2]).

Unsere Kenntniss von der verschiedenen Wärmestrahlung der Polar- und Aequatorialgegenden der Sonne beruht auf Beobachtungen P. Secchi's mit Hülfe einer Thermosäule [3]). Der hierbei beobachtete Unterschied der Wärmestrahlung beider Regionen betrug etwa $^1/_{16}$. Diesem Unterschiede der Ausstrahlung muss jedoch ein viel geringerer Unterschied der Temperaturen entsprechen, wie ich dies in meiner letzten Abhandlung [4]) theils durch Beobachtungen, theils durch Erörterungen über die Kirchhoff'sche Function zu begründen versuchte. Es verliert also durch diesen Umstand der obige Einwand noch mehr an Bedeutung, indem der Temperaturunterschied zwischen den Polen und dem Aequator, zufolge dessen „an den kälteren Sonnenpolen“ sich die Schlacken am häufigsten zeigen sollten, bis zu einer uns vorläufig noch unbekannten Grösse herabgesetzt wird.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass auch an der Erdoberfläche durch Ausstrahlung der Wärme in ruhigen und wolkenlosen Nächten die grössten Temperatur-Differenzen in kürzester Zeit hervorgerufen werden können.

„Am auffälligsten tritt die nächtliche Wirkung der Wärmestrahlung des Bodens im Gebiet des quer durch die Alte Welt streichenden, die Wüste umfassenden Gürtels auf . . . . Selbst in der eigentlichen afrikanischen Wüste sinkt die Temperatur des Nachts so anhaltend und tief unter den Ge-

[1]) Reye, Wirbelstürme. p. 183.

[2]) Faye, *Comptes rendus 25. Août. 1873.*

[3]) Secchi, *Le soleil, p. 133.*

[4]) Diese Berichte. Sitzung am 21. Febr. 1873.

frierpunct, dass das Wasser in den Schläuchen gefriert, während sich am Mittag die Hitze bis über 40° C. erhebt“[1]).

„Das Schliessen der Eisdecke über Flüsse hängt vorzüglich von dem Wärmeverlust ab, den die Oberfläche durch kräftige nächtliche Ausstrahlung erleidet.

Dafür bringt Arago[2]) folgende Belege bei.

„Im December 1762 war die *Seine* gänzlich zugefroren in Folge eines sechstägigen Frostes, bei dem die Temperatur im Mittel — 3.9 Grad Celsius war und im Maximo nicht — 9.7 Grad überstieg. Dagegen floss im Jahre 1748 der Strom noch, nachdem 8 Tage lang eine mittlere Temperatur von — 4.5 Grad geherrscht und die Kälte sogar ein Maximum von — 12 Grad erreicht hatte. Die Wasserhöhe, von der die Stromgeschwindigkeit bedingt wird, war zu beiden Zeiten gleich. Allein 1762 war der Himmel vor dem gänzlichen Zufrieren völlig heiter, während er 1748 entweder bewölkt oder ganz bedeckt war. — Im Jahre 1773 am 6. Febr. ging die *Seine* mit Eis nach fünftägigem Frost, der im Mittel — 6 Grad betragen hatte und im Maximo bis — 10.6 Grad gestiegen war. — Im Jahre 1776 erschien das Treibeis erst am 19. Jan., obgleich es schon seit dem 9. fror und vom 15. bis zum 19. Jan. die Temperatur im Mittel — 8.3 Grad gewesen und im Maximo auf — 13.1 Grad gesunken war. Der Wasserstand erklärt diese Erscheinung nicht; denn er betrug 1776 4.5 Fuss, 1773 dagegen 8 Fuss. Allein vom 3. bis 6. Febr. 1773 war der Himmel völlig heiter, während er sich vom 9. bis 19. Jan. 1776 nur auf wenige Augenblicke aufklärte. — Eine der stärksten Kälten, welche man zu Paris seit dem Gebrauche des Thermometers beobachtet hat, ist die vom Jahre 1709; aber gerade in diesem Jahre blieb die *Seine* bei Temperaturen von — 23° C. in der Mitte beständig offen“[3]).

Diese Thatsachen werden zur Genüge beweisen, dass auch an der Erdoberfläche die Ausstrahlung der Wärme bei der

[1]) A. v. Humboldt, Ueber die Hauptursachen der Temperatur-Verschiedenheit auf dem Erdkörper. Poggendorff's Annalen, Bd. 11, p. 7.

[2]) *Annuaire pour l'an 1828* u. Pogg. Ann. Bd. 14, p. 393.

[3]) Schmid, Meteorologie, p. 137 u. 187.

localen Temperaturerniedrigung einer Wasseroberfläche die wirksamste Ursache ist, und dass selbst die Eisbildung unter übrigens gleichen Umständen bei beträchtlich höherer Lufttemperatur und günstigen Bedingungen zur Ausstrahlung eintreten kann, als bei Verhinderung der letzteren durch eine Wolkendecke.

6.

Ich gehe jetzt zur Discussion des zweiten Einwandes gegen die Schlackentheorie der Sonnenflecken über, nämlich zur Widerlegung der Behauptung, es könnten jene Schlacken bei der hohen Temperatur der Sonne nicht längere Zeit auf der glühendflüssigen Oberfläche, ohne zu schmelzen, verharren.

Herr Prof. Reye hat in seinem Buche über Wirbelstürme p. 177 jener Behauptung in folgenden Worten Ausdruck verliehen:

„Die von der Sonne ausgestrahlte Wärmemenge ist, Pouillet's Messungen zufolge, so ungeheuer gross, dass sie hinreichen würde, um an der Sonnenoberfläche in jeder Minute eine Eisschicht von 10 bis 11 Meter Dicke zu schmelzen. Wenn nun von den Flecken auch nur der fünfte Theil dieser Wärmemenge absorbirt wird, wie ist es alsdann denkbar, dass dieselben wochen-, ja monatelang sich als Schlacken oder Wolken erhalten, ohne zu schmelzen oder sich zu verflüchtigen? Das in einem Monate absorbirte Fünftel wäre ja im Stande, eine Eisschicht von etwa 90000 Meter oder 12 geogr. Meilen Dicke zu schmelzen."

In ganz ähnlicher Weise spricht sich Herr Faye in den *Comptes rendus* vom 25. August 1873 p. 505 aus, indem er bemerkt:

„Si M. Zoellner a repris en sous-oeuvre cette idée (c. a. d. des scories), c'est qu'il a cru y trouver une explication simple et rationnelle du noir des taches, laquelle manque aux éruptions privées du noyau obscur; mais il n'y parvient qu'en attribuant tacitement aux dites nappes de scories la propriété de résister à la chaleur solaire pendant des semaines et des mois. Or celle-ci, n'eut-elle que sa seule radiation, suffirait pour fondre une enveloppe de fer forgé à raison

d'un kilomètre d'épaisseur par jour. Que serait-ce si l'on tenait compte de la chaleur communiqués par contact? Cette enveloppe disparaîterait sans doute en quelques instants. Evidemment ceux qui ont mis les premiers cette notion de scories en avant ne se faisaient pas la moindre idée de la puissance d'un pareil foyer".

Diese Argumente könnten im Hinblick auf die früher angestellten Betrachtungen durch die einfache Bemerkung entkräftet werden, dass sie offenbar mit noch viel grösserer Berechtigung gegen eine wolkenartige als schlackenartige Natur der Sonnenflecke anwendbar sind, wenn nicht eine permanente Ursache zur fortdauernden Erzeugung jener Wolken angenommen wird. Es wurde aber bereits oben gezeigt, dass eine solche Ursache nur in einer relativ starken Temperaturerniedrigung der unteren Schichten der Sonnenatmosphäre gesucht werden muss. Will man daher nicht, allen physikalischen Gesetzen zum Trotz, eine solche Abkühlung „in den tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre", „an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche" dadurch entstehen lassen, dass „die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen und Gasen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden"[1]), so bleibt als günstigste

---

[1]) Reye, Wirbelstürme, p. 178 u. 179. Herr Professor Reye schildert seine Vorstellung von der Ursache und Entstehung eines Sonnenfleckens wörtlich folgendermaassen (l. c. p. 179):

„An einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche, die gleich den Fackeln heller erscheinen wird als ihre Umgebung, mögen also die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen und Gasen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden. Sie dehnen sich dabei aus und erkalten, nachdem sie vielleicht 100 oder 200 geographische Meilen gestiegen sind, so stark, dass die Metalldämpfe sich theilweise verdichten; ihre frei werdende latente Wärme vergrössert zugleich den Auftrieb der übrigen Dampf- und Gasmassen. Eine Wolke bildet sich als dunkler Fleck über der hellen Stelle, rasch wachsend von dem nachströmenden Dampfe . . ."

Das Aufsteigen von Metalldämpfen und eine hierbei eintretende Verdichtung zu Wolken findet an allen Stellen der Sonnenoberfläche statt; die mittlere Höhe der hierdurch gebildeten, leuchtenden Wolkendecke ist das Niveau

und deshalb wahrscheinlichste Annahme nur die Bildung schlackenartiger Abkühlungsproducte übrig, welche dann gleichzeitig die über den Sonnenflecken beobachteten absteigenden Ströme (*down-rush*) nothwendig zur Folge haben.

Indessen ganz abgesehen von diesen Bemerkungen, liegt den obigen Argumentationen gegen den festen Aggregatzustand der Sonnenflecke eine stillschweigend gemachte Voraussetzung zu Grunde, welche auf einem Irrthum beruht, nämlich auf einer Verwechselung der Zeit als Maass der Wärmestrahlung mit derjenigen Zeit, welche zur Verwandlung der ausgestrahlten Wärmemenge in eine ihr äquivalente Arbeit erfordert wird.

Wenn man das Maass der Wärmeeinheit durch die Grösse einer ihr äquivalenten molecularen Arbeit definirt — mag dieselbe im Schmelzen oder in einer bestimmten Temperaturerhöhung der Gewichtseinheit eines gegebenen Stoffes bestehen — so ist man natürlich im Stande, theoretisch jede beliebige in der Zeiteinheit producirte Wärmequantität durch jene Arbeit auszudrücken. Empirisch berechtigt jedoch Nichts zu der Annahme, dass die Zeit, innerhalb welcher eine bestimmte Wärmemenge producirt wird, dieselbe sein muss, welche zur Verwandlung dieser producirten Wärme in eine ihr äquivalente Arbeit erforderlich ist. Diese Zeit hängt vielmehr theils von der Beschaffenheit der zu leistenden Arbeit, theils von den besonderen Eigenschaften und Anordnungen der Körper ab, an denen sich der Process des Wärmeumsatzes vollzieht.

Wird z. B. die Quantität der in der Zeiteinheit von einer glühenden Oberfläche ausgestrahlten Wärme durch eine be-

der sogenannten Photosphäre. Wenn nun „an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche" ein aufsteigender Strom von Gasen und Dämpfen entsteht, so muss derselbe seine wolkenförmigen Condensationsproducte auch in grösserer Höhe als in dem allgemeinen Niveau der leuchtenden Wolkendecke absetzen, also eine Wolke in den höheren, nicht „tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre" bilden, wie es die Beobachtungen für die Kernflecken verlangen. Am Sonnenrande müsste eine solche Wolke sich als eine leuchtende Erhöhung und nicht als eine dunkle Vertiefung der Scheibe projiciren, wie letzteres gleichfalls bei grösseren Flecken beobachtet wird (vergl. Secchi, *Le soleil, p. 62*).

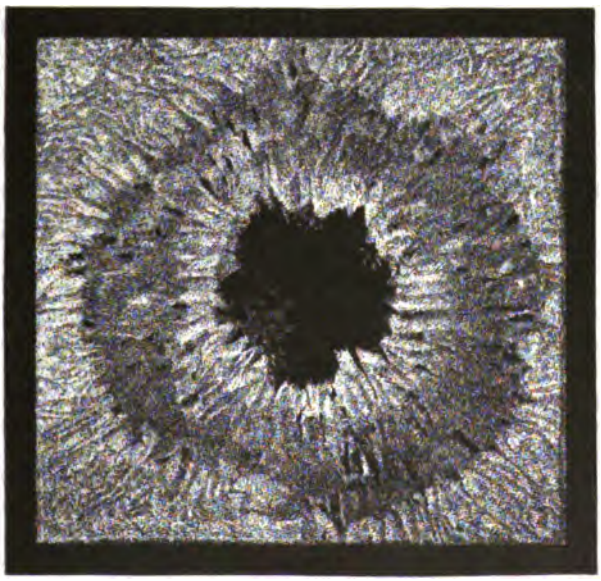
stimmte Temperaturerhöhung der Gewichtseinheit eines festen Körpers gemessen, so hängt die Schnelligkeit, mit welcher diese Temperaturerhöhung in Wirklichkeit stattfindet, von der specifischen Wärme und Leitungsfähigkeit des betreffenden Körpers ab, also von Verhältnissen, die mit der Schnelligkeit der Wärmeproduction der glühenden Oberfläche gar nichts zu schaffen haben.

Aehnliches gilt, wenn die Quantität der Wärme durch Schmelzungsarbeit gemessen wird. Wenn z. B. ein Cubikmeter Eisen von 0° durch Berührung einer seiner quadratischen Flächen mit einer glühendflüssigen Oberfläche geschmolzen werden soll, welche bei Abwesenheit der Eisenmasse in einer Secunde so viel Wärme ausstrahlt, dass damit in derselben Zeit 10 Cubikmeter Eisen geschmolzen werden könnten, so ist klar, dass die Zeit, welche in Wirklichkeit zur Schmelzung der Eisenmasse erforderlich ist, eine viel grössere sein wird. Denn diese Zeit hängt unter Anderem ab, erstens: von der Leitungsfähigkeit des Eisens. Je grösser dieselbe ist, desto schneller muss sich die zur Schmelzung erforderliche Wärme mittheilen und verbreiten. Zweitens: von der Schnelligkeit, mit welcher sich die geschmolzenen Theile entfernen können, um nicht durch ihre Temperaturerhöhung der noch nicht geschmolzenen Masse einen Theil der producirten Wärme zu entziehen. Da nun allgemein in der Wirklichkeit von der durch eine glühendflüssige Oberfläche ausgestrahlten Wärme nur ein Theil zur Schmelzung darauf schwimmender Körper verwandt werden kann, ein anderer Theil dagegen zur Temperaturerhöhung, Bewegung und Ausdehnung der geschmolzenen Substanz verbraucht wird, so darf nicht, wie es in den oben angeführten Argumentationen der Herren Faye und Reye geschieht, die Zeit, in welcher von einer glühenden Oberfläche eine bestimmte Quantität Wärme ausgestrahlt wird, mit derjenigen Zeit identificirt werden, welche diese Wärmequantität gebraucht, um sich vollständig in eine ihr äquivalente Arbeit des Schmelzens zu verwandeln. Die letztere Zeit hängt von der besonderen Beschaffenheit der physikalischen Verhältnisse und von der Natur des schmelzenden Körpers ab.

Aus der Gesammtheit der in vorstehender Abhandlung angestellten Betrachtungen ergiebt sich daher, wie mir scheint, dass die Voraussetzung schlackenartiger, durch Ausstrahlung an der glühendflüssigen Oberfläche der Sonne entstandener Abkühlungsproducte die einzige Annahme zur Erklärung der Sonnenflecke ist, welche nicht zu Widersprüchen mit physikalischen Gesetzen und sicher verbürgten Beobachtungen führt.

Abbildung zweier Sonnenflecke.

Sonnenfleck am Rande der Sonnenscheibe.
Beobachtet von P. Secchi in Rom am 29. Juni 1868.



Sonnenfleck auf der Mitte der Sonnenscheibe.
Beobachtet von P. Secchi in Rom am 16. Juli 1866.

Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math.-phys. Classe am 11. Februar 1871.)

1.

Scheiner hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass sich die Sonnenflecken in verschiedenen heliographischen Breiten öfter mit einer verschiedenen Geschwindigkeit bewegen und zwar so, dass die südlich gelegenen Flecken eine schnellere Bewegung im Sinne der Rotation der Sonne besitzen als die nördlichen.[1]) Diese später auch von Giovanni Cassini, Schröter, Laugier u. A. bestätigte Thatsache ist jedoch erst in unseren Tagen durch die umfassenden und mit vollkommneren Hülfsmitteln angestellten Beobachtungen von Carrington[2]) und Spörer[3]) zu einem allgemeinen Gesetz erhoben worden, nach welchem die Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Zonen der Sonnenoberfläche mit zunehmender Breite stetig ab-

[1]) *Rosa Ursina etc. Liber III. p. 260. Maculae australes breviori tempore majus in Sole spatium decurrunt quam septentrionales.* Indem sich Scheiner auf eine Zeichnung der Sonnenscheibe bezieht, welche die Bewegung zweier nahe dem Aequator gelegenen Fleckengruppen vom 13. September bis 26. September des Jahres 1625 darstellt, bemerkt er bezüglich des fraglichen Phänomens: *hoc non tantum hic, sed et alibi saepius deprehendes.*

[2]) *Observations of the spots on the Sun from November 9, 1853 to March 24, 1861 made ad Redhill, by Richard Christopher Carrington, F. R. S. London 1863.*

[3]) Monatsberichte der Berliner Akademie 1865. Juli und November. Ausserdem zahlreiche Abhandlungen in den Astronomischen Nachrichten.

nimmt. Auf Grund dieser merkwürdigen Thatsache hat bekanntlich Faye die Hypothese von der durchgängig gasförmigen Beschaffenheit des Sonnenkörpers entwickelt, eine Hypothese, deren Priorität gegenwärtig Secchi mit folgenden Worten für sich in Anspruch nimmt:

„*Dès le mois de janvier 1864, nous annoncions que le Soleil pourrait bien être gazeux.*[1]) *(Voir: Bulletin météorologique de l'Observatoire du Collége Romain, 1er janvier 1864, p. 4, col. 1, lig. 34.)*

„*M. Faye a adopté, après nous cette idée que le Soleil est complétement gazeux; il est même communément regardé en France comme l'auteur de cette théorie, car il l'a développée dans les Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences.*“ [2])

Allein Secchi führt noch einen andern Grund für die Nothwendigkeit seiner Hypothese an, nämlich die hohe Temperatur des Sonnenkörpers.[3])

Für die untere Grenze dieser Temperatur findet er 5 bis 6 Millionen Grade (Celsius) und bemerkt hierzu:

„*en fixant comme limite inférieure 5 ou 6 millions de degrés, nous sommes certain qu'on ne peut pas nous accuser d'exagération: mais, en réalité, sa valeur ne peut être inférieure à 10 millions de degrés.*“ *(Ibid. p. 271.)*

Ueber die Theorie und Methode der angewandten Temperaturbestimmung bemerkt Secchi Folgendes:

„*La radiation d'un corps est proportionelle à sa température ou à la force vive moléculaire de ses radiations thermiques. On la mesure en déterminant la température à laquelle parvient un corps exposé au Soleil, et en com-*

[1]) *Secchi, Le Soleil. Paris 1870. p. 101.*

[2]) *Ibid. p. 106.*

[3]) *Ibid. p. 100 u. 101. „. . . existe-t-il dans l'intérieur du Soleil un noyau solide? Ce noyau n'est-il pas le siége d'actions physiques, dont les taches ne seraient que les manifestations? On a pendant longtemps admis cette hypothèse, mais différentes considérations nous ont depuis longtemps convaincu qu'elle est insoutenable, car elle est incompatible avec la température élevée que possède le Soleil, comme nous le verrons bientôt.*“

parant cette radiation avec celles que lui communiquent d'autres corps portés à une température connue.“ (Ibid. p. 265.)

„Cette théorie une fois admise, on pourra facilement déterminer la température du Soleil, et l'exprimer en prenant pour unité les degrés conventionnels du thermomètre. Pour cela, on exposera un thermomètre au Soleil dans une enceinte de température connue, on lira l'indication t^0 donnée par la colonne mercurielle, et on multipliera ce nombre par le rapport qui existe entre la surface de la sphère et la surface apparente du Soleil.“ (Ibid. p. 266.)

Abgesehen davon, dass die in dem ersten Satze enthaltenen Worte *„sa température“* und *„force vive moléculaire de ses radiations thermiques“* zwei wesentlich verschiedene Begriffe bezeichnen und daher logisch hier nicht durch *„ou“* verbunden werden können, widerspricht der Inhalt des ganzen Satzes der allgemein bekannten Thatsache, dass die Wärmeausstrahlung eines Körpers nicht nur von seiner Temperatur, sondern auch von seiner Qualität und der Beschaffenheit seiner Oberfläche abhängt.

Leslie hat bekanntlich zuerst quantitative Bestimmungen über das verschiedene Emissionsvermögen verschiedener Substanzen bei derselben Temperatur gemacht,[1]) indem er die Flächen eines mit kochendem Wasser gefüllten Metallwürfels mit verschiedenen Substanzen überzog. Die späteren Versuche von Melloni, Knoblauch u. A., welche theils diese Beobachtungen bestätigten, theils auch die Abhängigkeit der ausgesandten Strahlenmenge von der Wellenlänge bewiesen, sind den Physikern allzubekannt, um hier noch besonders erwähnt zu werden.

Dass aber auch für ein und denselben Körper die Quantität der ausgestrahlten Wärme nicht der Temperatur des Körpers proportional, sondern schneller als diese wächst, sobald dieselbe nur einigermassen erheblich wird und z. B. 80° über-

[1]) *Leslie. Inquiry into the nature and propagation of heat. London 1804.*

steigt, hat schon de la Roche gezeigt.[1]) Endlich folgt aus den Untersuchungen Kirchhoff's „Ueber das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht“[2]) ganz allgemein, dass die Emission der Wärme- und Lichtstrahlen eine Function der Temperatur, der Wellenlänge und der Qualität des Körpers sein muss. Diese Function ist demgemäss für jeden Körper eine andere und kann nur empirisch ermittelt werden, ihre Gültigkeit erstreckt sich alsdann nur innerhalb derjenigen Grenzen, für welche sie bestimmt ist.

2.

Die Hypothese von der gasförmigen Beschaffenheit des ganzen Sonnenkörpers leistet offenbar für das vorliegende Problem zunächst nichts Anderes, als dass sie eine grössere Verschiebbarkeit der einzelnen Zonen der Sonnenoberfläche begreiflich macht. Wie gross aber diese Verschiebbarkeit oder wie gering die sogenannte innere Reibung einer ihren eigenen Kräften überlassenen Kugel sein mag, die Rotationsverschiedenheit ihrer einzelnen Zonen — mag dieselbe ursprünglich durch irgend welche Ursache erzeugt worden sein — muss mit der Zeit stetig kleiner werden und schliesslich ganz verschwinden. Die Atmosphäre unserer Erde, welche die Rotationsgeschwindigkeit des festen Erdkörpers angenommen hat, liefert ein Beispiel für diese Behauptung und widerlegt zugleich die Annahme Gautier's, nach welcher der flüssige Kern der Sonne bezüglich der Reibung an ihrer atmosphärischen Umhüllung sich ähnlich verhalte, wie eine innerhalb einer ruhenden Flüssigkeit rotirende Kugel.[3])

---

[1]) *Journal de physique T. LXXV. p. 201.*

De la Provostaye und Desains bewiesen ferner, dass die Aenderung der Wärmeaustrahlung bei steigender Temperatur bei verschiedenen Körpern nach ganz verschiedenen Gesetzen erfolgt. Vergl. *Comptes Rendus T. XXXVIII.*

[2]) Poggendorff's Annalen CIX. p. 291 ff.

[3]) *Emile Gautier, De la constitution du Soleil.* Vgl. *Bibliothèque universelle etc. Archives T. XIX.* (März 1864). In dieser Abhandlung betrachtet auch Gautier die Sonnenflecken als Schlacken *(„solidifications*

Betrachtet man jedoch die Sonnenflecken nach der von mir vertheidigten Theorie als schlackenartige Abkühlungsproducte, welche auf der glühendflüssigen Sonnenoberfläche schwimmen, so müssen in dieser Flüssigkeit oberflächliche Strömungen stattfinden, welche den in ihnen schwimmenden Schlackenmassen die dem Rotationsgesetz entsprechende Geschwindigertheilen. Die Ursache, welche diese Strömungen erzeugt, muss gegenwärtig noch vorhanden und wirksam sein.

In meiner letzten Abhandlung „über die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken" habe ich gezeigt, dass sich in der Atmosphäre einer Wärme ausstrahlenden und rotirenden Kugel Strömungen entwickeln müssen, welche an der Oberfläche der Kugel von den Polen nach dem Aequator gerichtet sind.

Die von Secchi beobachtete Temperaturvertheilung an der Sonnenoberfläche ist ebendaselbst als das nothwendige Resultat einer thermischen Reaction jener Strömungen auf die Sonnenoberfläche erklärt worden.[1])

In der vorliegenden Abhandlung soll das allgemeine Rotationsgesetz der Sonne als das nothwendige Resultat einer mechanischen Reaction jener Strömungen auf die flüssige Sonnenoberfläche erklärt werden.

3.

Zu diesem Zwecke mag zunächst das folgende vereinfachte Problem untersucht werden:

Es sei eine feste, homogene und rotirende Kugel gegeben, über deren Oberfläche sich von den Polen herab eine tropfbarflüssige Masse in

partielles à la surface du soleil" „croûtes surnageants sur le disque solaire en fusion"). Indessen trotz der volkommen richtigen Argumente giebt Gautier in einer späteren Abhandlung (ebendas. August 1869) diese Anschauung zu Gunsten einer mehr wolkenförmigen Natur der Sonnenflecken wieder auf. Es heisst dort: *Nous avons à retirer les termes de: „solidification, de croûte solide" qui, dans le temps, ne nous satisfaisaient qu'à moitié, n'ayant jamais eu l'intention d'assimiler ces phénomènes à une espèce de congélation qu'ils avaient l'air de sous-entendre.*

[1]) Berichte der kön. sächs. Ges. d. W. Sitzung vom 12. December 1870. p. 348.

sehr dünner Schicht mit constanter Geschwindigkeit nach dem Aequator bewegt. Die in dieser Weise sich allseitig ausbreitende Flüssigkeit steht unter dem Einfluss der Schwere und der Reibung an der Oberfläche der Kugel. Es soll die Geschwindigkeitscomponente eines Flüssigkeitstheilchens in der Ebene eines Parallelkreises als Function der Breite des bewegten Theilchens ausgedrückt werden.

Es bezeichne:

r den Radius der Kugel,

φ die Breite eines Punctes an der Oberfläche,

v die Componente der Lineargeschwindigkeit,

ξ die Componente der Winkelgeschwindigkeit eines Flüssigkeitstheilchens in der Ebene eines Parallelkreises von der Breite φ,

h die im Verhältniss zum Radius sehr kleine Dicke oder senkrechte Höhe der strömenden Flüssigkeit in der Breite φ.

Das Grundgesetz aller strömenden Bewegungen erfordert, dass nach Eintritt eines stationären Bewegungszustandes durch jeden Querschnitt der strömenden Masse in gleichen Zeiten gleiche Quantitäten der Flüssigkeit gehen. Die Grösse eines solchen senkrecht zur Strömung geführten Querschnittes q wird im vorliegenden Fall für eine bestimmte Breite φ ausgedrückt durch:

$$q = 2r\pi h \cos\varphi.$$

Da aber unserer Annahme gemäss die Geschwindigkeit der Strömung eine constante sein soll, so muss, um dem obigen Gesetze zu genügen, auch q eine Constante sein und es ergiebt sich daher für das Gesetz, nach welchem sich die Dicke der strömenden Flüssigkeit mit der Breite ändert, der Ausdruck:

$$h = \frac{q}{2r\pi \cos\varphi}.$$

Bezeichnet daher ϱ die Dichtigkeit der strömenden Masse, $d\varphi$ den sehr kleinen Abstand zweier Querschnitte, so ist die in dem hierdurch bestimmten Volumen enthaltene Masse m ebenfalls für alle Breiten constant und wird ausgedrückt durch:

$$m = 2\varrho r\pi h \cos\varphi d\varphi.$$

Die Grösse der Reibungsfläche f oder der Fläche, mit welcher diese constante Masse die rotirende Kugeloberfläche berührt, ist folglich:

$$f = 2r\pi \cos\varphi d\varphi \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

und wir erhalten den Satz, dass unter den gemachten Annahmen die Grösse der Reibungsfläche der strömenden Flüssigkeit für die Einheit der Masse proportional dem Cosinus der Breite wächst.

4.

Ein Massenelement der strömenden Flüssigkeit erhält nun bei Verminderung seiner Breite um die Grösse $d\varphi$ vermöge seiner äusseren Reibung an der Oberfläche der rotirenden Kugel einen gewissen Impuls und in Folge dessen einen Zuwachs an Geschwindigkeit im Sinne der Rotation. Diesen Geschwindigkeitszuwachs bezeichne ich mit dv und setze ihn proportional den folgenden drei Grössen:

1. der Geschwindigkeitsdifferenz zweier Puncte an der Oberfläche der festen Kugel, deren Breitendifferenz gleich $d\varphi$ ist;
2. der Grösse der Reibungsfläche der Masseneinheit;
3. dem Coëfficienten der äusseren Reibung zwischen der Kugeloberfläche und der Flüssigkeit.[1])

Die beiden ersten Grössen sind Functionen von φ, die letzte soll zunächst als constant betrachtet und mit a bezeichnet werden.

Bezeichnet ferner v_1 die lineare Rotationsgeschwindigkeit eines Punctes am Aequator der festen Kugel, so ist diese Geschwindigkeit für einen Punct in der Breite φ gleich $v_1 \cos\varphi$, folglich die Veränderung dieser Grösse bei Aenderung der Breite um $d\varphi$ gleich:

$$-v_1 \sin\varphi d\varphi.$$

[1]) Da unserer Annahme gemäss die Dicke der strömenden Schicht nur eine im Verhältniss zum Radius der Kugel sehr geringe sein soll, so kann hier von der sogenannten inneren Reibung, d. h. derjenigen Kraft, mit welcher sich zwei Flüssigkeitsschichten gegeneinander verschieben, abgesehen werden.

Bezeichnet man endlich noch mit A einen Proportionalitätsfactor, so ergiebt sich mit Berücksichtigung des oben für die Vergrösserung der Reibungsfläche gefundenen Gesetzes der folgende Ausdruck für den Geschwindigkeitszuwachs dv eines Flüssigkeitselementes durch Veränderung seiner Breite um $d\varphi$:

$$dv = -Aav_1 \sin\varphi \cos\varphi d\varphi. \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Beim Uebergang vom Pole zu der Breite φ gewinnt folglich das Massenelement der Flüssigkeit eine Geschwindigkeit v, die ausgedrückt ist durch:

$$v = Aav_1 \int_{\varphi}^{\frac{\pi}{2}} \sin\varphi \cos\varphi d\varphi.$$

Hat sich die hierbei vorausgesetzte Polarströmung nicht am Pole, sondern erst in der etwas geringeren Breite φ_1 entwickelt, so hat das betrachtete Element beim Beginn seiner Bewegung schon diejenige lineare Rotationsgeschwindigkeit besessen, welche für jene Breite einem Puncte der festen Kugeloberfläche zugehört. Diese Geschwindigkeit ist aber nach dem Obigen einfach gleich $v_1 \cos\varphi_1$, so dass man für den betrachteten und offenbar allgemeineren Fall, den folgenden Ausdruck für die lineare Rotationsgeschwindigkeit v eines Flüssigkeitselementes in der Breite φ erhält:

$$v = Aav_1 \int_{\varphi}^{\varphi_1} \sin\varphi \cos\varphi d\varphi + v_1 \cos\varphi_1$$

oder:

$$v = \frac{Aav_1}{2}(\sin^2\varphi_1 - \sin^2\varphi) + v_1 \cos\varphi_1. \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Der Ausdruck für die angulare Rotationsgeschwindigkeit ergiebt sich hieraus unmittelbar durch Berücksichtigung der Proportion:

$$v : r\pi \cos\varphi = \xi : 180^0$$

folglich:

$$\xi = \frac{180}{r\pi} \cdot \frac{v}{\cos\varphi}.$$

Setzt man daher:

$$\frac{180}{r\pi} = C,$$

so erhält man:

$$\xi = \frac{CAav_1}{2\cos\varphi}\cdot(\sin^2\varphi_1 - \sin^2\varphi) + \frac{Cv_1\cos\varphi_1}{\cos\varphi} \quad \ldots \quad (4)$$

oder, wenn gesetzt wird:

$$\tfrac{1}{2}CAav_1\sin^2\varphi_1 + Cv_1\cos\varphi_1 = M$$
$$\tfrac{1}{2}CAav_1 = N$$

so folgt:

$$\xi = \frac{M - N\sin^2\varphi}{\cos\varphi} \quad \ldots \quad (5)$$

Dies ist der allgemeine Ausdruck des unter den gemachten Annahmen gefundenen Rotationsgesetzes. M und N sind zwei aus den Beobachtungen zu bestimmende Constanten.

Dieses Gesetz wird auch noch für den Fall seine Gültigkeit bewahren, in welchem an Stelle der strömenden tropfbar-flüssigen eine elastisch-flüssige Masse gesetzt wird, da einer solchen Masse für die vorliegende Betrachtung und innerhalb der angenommenen Beschränkungen dieselben wesentlichen Eigenschaften beigelegt werden können wie der tropfbar-flüssigen Masse.

5.

Es mag jetzt die folgende Modification des vorstehend behandelten Problems betrachtet werden:

Die Oberfläche der festen rotirenden Kugel sei gleichförmig mit einer im Verhältniss zu ihren Dimensionen sehr dünnen Schicht einer tropfbarflüssigen Masse bedeckt, deren Theilchen nur in den Ebenen der Parallelkreise mit einer gewissen Reibung verschiebbar sind. Ueber dieser Schicht strömt ganz in der oben betrachteten Weise von den Polen zum Aequator eine Gasmasse L, welche vermöge ihrer Reibung mit der beweglichen Flüssigkeitsschicht F in Verbindung steht. Es soll die Rotationsgeschwindigkeit eines Theilchens dieser letztern Schicht F als Function seiner Breite ermittelt werden.

Wie man sieht, ist hier das Gesetz des relativen Geschwindigkeitszuwachses, nach welchem die Theilchen der strömenden

Gasmasse von der darunter befindlichen Flüssigkeitsschicht F Bewegungsimpulse erhalten, ein unbekanntes. Man erkennt jedoch sofort, dass das gesuchte Rotationsgesetz zwischen zwei Grenzfällen liegen muss, von denen der eine stattfindet, wenn die Verschiebbarkeit zwischen der strömenden Gasmasse L und der Flüssigkeit F eine so geringe wird, dass der Unterschied ihrer Geschwindigkeitscomponenten in der Ebene eines Breitenkreises verschwindet. In diesem Falle kann die Flüssigkeitsschicht bezüglich ihrer Verschiebung in der gedachten Ebene als zur strömenden Gasmasse gehörig betrachtet werden, für welche das oben gefundene Rotationsgesetz gilt.

Der andere Fall tritt ein, wenn die Verschiebbarkeit zwischen der Flüssigkeitsschicht und festen Kugeloberfläche eine so geringe ist, dass der Unterschied ihrer Rotationsgeschwindigkeiten verschwindet. Alsdann verhält sich die betrachtete Flüssigkeitsschicht wie eine Schicht der festen Kugeloberfläche und besitzt folglich für alle Puncte eine von der Breite unabhängige angulare Rotationsgeschwindigkeit.

Man kann folglich das gesuchte Rotationsgesetz der flüssigen Schicht auf folgende Form bringen

$$\xi = p \cdot \left(\frac{M - N \sin^2\varphi}{\cos \varphi}\right) + q \cdot \xi_1 \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

worin ξ_1 die angulare Rotationsgeschwindigkeit der festen Kugel und p und q zwei Factoren bedeuten, die Functionen sind von φ und den beiden Reibungscoëfficienten der flüssigen Schicht, nämlich gegen die feste Kugeloberfläche von innen und gegen die strömende Gasmasse von aussen. Diese beiden Functionen stehen in einer solchen Beziehung, dass, wenn das Verhältniss des innern zum äusseren Reibungscoëfficienten sehr gross wird, der Werth von p für alle Werthe von φ verschwindet und q sich in eine Constante verwandelt. Nähert sich dagegen das Verhältniss der beiden Reibungscoëfficienten der Einheit, so muss q für alle Werthe von φ verschwinden und p sich in eine Constante verwandeln.

Die allgemeine Form dieses Gesetzes bleibt aber auch dann noch erhalten, wenn man von der festen Kugel ganz absieht und an ihrer Stelle eine homogene tropfbarflüssige Kugel setzt, deren Oberfläche in der oben angenommenen

Weise beweglich gedacht wird. Dann verwandelt sich die früher betrachtete Flüssigkeitsschicht in die Grenzschicht der flüssigen Kugel und ihre Verschiebbarkeit wird abhängig von dem Coëfficienten der sogenannten inneren Reibung der Flüssigkeit, wogegen die Einwirkung der polaren Luftströme auf die Grenzschicht — abgesehen von ihrer Geschwindigkeit — durch den Coëfficienten der äusseren Reibung bezüglich der Gasmasse bedingt ist. Es besitzen alsdann die durch Einwirkung der Luftströme oberflächlich erregten Strömungen in der Flüssigkeit den Charakter sogenannter Driftströmungen.

Dass derartige Strömungen eine verhältnissmässig sehr geringe Tiefe haben und deshalb die tieferen Schichten der Flüssigkeit diesen Strömungen gegenüber wie zu einem starren Körper gehörige Schichten betrachtet werden können, beweisen einerseits die Driftströmungen an der Oberfläche des Meeres, andrerseits die experimentellen und theoretischen Untersuchungen von O. E. Meyer[1]) und C. J. H. Lampe über die Reibung der Flüssigkeiten. Es würde demgemäss auch in diesem Falle die bewegliche Schicht als unendlich dünn den Dimensionen der Kugel gegenüber betrachtet und folglich von den Unterschieden der Geschwindigkeit in verschiedenen Tiefen dieser Schicht (durch Substitution einer mittleren Geschwindigkeit an der Oberfläche) abgesehen werden können.

6.

Wie man sieht, sind die in der angegebenen Weise modificirten Verhältnisse des ursprünglich untersuchten Problems gegenwärtig mit den Verhältnissen auf der Sonnenoberfläche vergleichbar, wenn dieselbe als eine tropfbarflüssige betrachtet wird, über welcher sich die Polarströme der Atmosphäre ergiessen. Um aber die entwickelte Theorie unter diesen Voraussetzungen auf die Sonne übertragen zu können, bedarf es zunächst noch der Erörterung einer Eigenschaft der flüssigen Kugeloberfläche, welche oben bei der Modification des Problems vorausgesetzt wurde.

[1]) Crelle's Journal. Bd. 59, p. 229 und Pogg. Ann. Bd. 113, p. 55 ff

Diese Voraussetzung bestand darin, dass die Theilchen der flüssigen Oberfläche nur in den Ebenen der Parallelkreise, d. h. nur in Länge, nicht in Breite verschiebbar sein sollten. Es müsste also durch irgend eine Kraft die meridionale Componente der durch die darüber hinfliessende Polarströmung erzeugten Bewegung aufgehoben werden, was z. B. der Fall wäre, wenn die Flüssigkeit an der Oberfläche sich nur in Canälen bewegen könnte, die parallel den Breitenkreisen gerichtet wären.

Betrachtet man indessen die Beschaffenheit der gesammten flüssigen Kugeloberfläche unter dem Einflusse der Polarströmungen auf beiden Hemisphären, so ergiebt sich in der That bezüglich der Entwickelungsfähigkeit der erwähnten beiden Bewegungscomponenten in Länge und Breite ein sehr wesentlicher Unterschied.

Auf dem Umfange eines Meridiankreises vertheilen sich nämlich die Bewegungscomponenten bezüglich ihrer Richtung derartig, dass in je zwei benachbarten Quadranten diese Richtung eine entgegengesetzte ist, wogegen die Bewegungscomponenten auf dem Umfange eines Breitenkreises sämmtlich in demselben Sinne wirken. Es kann sich folglich in der Ebene eines Breitenkreises die Driftströmung ohne irgend eine andere als die durch die Reibung bedingte Hemmung vollständig entwickeln, während die in beiden Hemisphären nach dem Aequator gerichteten meridionalen Componenten dort eine Aufstauung von Flüssigkeit erzeugen, welche durch den hiermit verbundenen Druck in entgegengesetzter Richtung die nach dem Aequator gerichtete Componente der Driftströmung abschwächt oder aufhebt.

Man ersieht aus dieser Betrachtung, dass in der That die Verschiebbarkeit der Theilchen an der flüssigen Oberfläche der rotirenden Kugel bezüglich ihrer Länge und Breite eine verschiedene sein muss, und dass die oben hierüber gemachte Annahme eine den Verhältnissen in der Natur entsprechende war.

Man könnte bei der Sonne zu dieser Ursache der Aufhebung der meridionalen Componente der Driftströmung noch eine andere hinzufügen, sobald man annimmt, dass in Folge

einer Temperaturzunahme nach dem Innern der rotirenden Kugel an der flüssigen Oberfläche ähnliche Strömungen auftreten wie in der darüber befindlichen Atmosphäre. Die Richtung dieser Strömungen wird alsdann an der Oberfläche der Flüssigkeit eine vom Aequator nach den Polen gerichtete sein und demgemäss eine der meridionalen Componente der Driftströmung entgegengesetzte Componente erzeugen. Je nachdem die eine oder andere dieser beiden Componenten prävalirt, würde ein auf der flüssigen Oberfläche schwimmender Sonnenfleck eine Bewegung nach den Polen oder nach dem Aequator besitzen, ohne hierdurch aufzuhören, der Bewegung der viel stärker entwickelten lateralen Driftströmungen Folge zu leisten.

7.

Es soll nun die vorstehend entwickelte Theorie der Rotation einer flüssigen Kugeloberfläche, die unter dem Einflusse von Polarströmungen einer sie umgebenden Atmosphäre steht, mit den Beobachtungen verglichen werden, welche über die Bewegungen der Sonnenflecken in verschiedenen heliographischen Breiten von Carrington und Spörer gesammelt worden sind.

Es kann sich bei dieser Vergleichung von Theorie und Beobachtung offenbar nur darum handeln, zu untersuchen, ob durch passende Bestimmung der in dem Ausdruck vorkommenden Constanten die analytische Form des letzteren zur Darstellung der Beobachtungen ausreichend ist.

In dem oben für das Rotationsgesetz gefundenen Ausdruck (6):

$$\xi = p \cdot \left(\frac{M - N \sin^2 \varphi}{\cos \varphi}\right) + q \cdot \xi_1$$

enthalten im Allgemeinen die beiden Grössen p nnd q noch unbekannte Functionen von φ, deren Beziehungen oben angegeben wurden. Für die praktische Anwendung kommt es daher zunächst darauf an, zu untersuchen, welches der beiden Glieder in obiger Formel der Wahrscheinlichkeit nach bei der Sonne prävaliren wird.

Das Verschwinden des zweiten Gliedes ist nach dem Obigen an die Bedingung geknüpft, dass der Coëfficient der inneren Reibung der Flüssigkeit nicht wesentlich von dem Coëfficienten der äusseren Reibung gegen die Atmosphäre verschieden ist. Für diesen Fall verwandelte sich aber auch p in eine Constante und der Ausdruck des Rotationsgesetzes reducirte sich einfach auf die folgende Form:

$$\xi = \frac{A - B \sin^2 \varphi}{\cos \varphi} \quad \ldots\ldots (7)$$

worin A und B zwei aus den Beobachtungen zu bestimmende Constanten sind. Dass diese Formel nicht auf höhere Breiten als diejenige angewandt werden darf, in welcher sich die betrachteten Polarströme entwickeln, ist aus ihrer Ableitung selbstverständlich. Die oben für die Constanten M und N gefundenen Werthe zeigen aber gleichzeitig, dass, wenn φ jenen Werth φ_1 erreicht, der Rotationswinkel ξ sich auf denjenigen eines Punctes der angenommenen festen Kugeloberfläche reducirt.

So unvollständig gegenwärtig auch noch unsere Kenntnisse über die innere und äussere Reibung der Flüssigkeiten, namentlich den Gasen gegenüber, sein mögen, so sind doch bereits durch die theoretischen und experimentellen Untersuchungen von Maxwell, O. E. Meyer, Graham, Helmholtz, Piotrowski, Hagenbach u. A. gewisse Thatsachen festgestellt, welche uns als Stützpuncte für die Entscheidung der vorliegenden Frage dienen können, der Frage nämlich, ob der Coëfficient der inneren Reibung der glühenden Flüssigkeit an der Sonnenoberfläche von dem Coëfficienten der äusseren Reibung an der Atmosphäre wesentlich verschieden ist.

Versuche über die äussere Reibung von Flüssigkeiten gegenüber gasförmigen Körpern, oder über den „Gleitungscoëfficienten“[1]) zwischen diesen Körpern sind mir nicht bekannt. Dagegen liegen zahlreiche Versuche vor, welche ein Urtheil über diesen Coëfficienten zwischen festen und gasförmigen

[1]) Helmholtz, Wiener Sitzungsberichte. Bd. 40, S. 656.

Körpern gestatten.[1]) Diese Versuche beweisen, dass die Luft an der Oberfläche aller untersuchten festen Körper sehr fest haftet, meistens so sehr, dass ein Gleiten derselben an der Oberfläche nicht stattfindet. Dieses Resultat hat bereits Stokes[2]) aus Baily's Beobachtungen hergeleitet und die Beobachtungen O. E. Meyer's[3]) bestätigen dasselbe. Ist es daher gestattet, diese Eigenschaft auch zwischen flüssigen und gasförmigen Körpern vorauszusetzen, so kann in diesem Falle von einer äusseren Reibung keine Rede sein, und es reducirt sich die obige Frage auf diejenige nach dem Verhältniss der inneren Reibung der Atmosphäre zur inneren Reibung der glühenden Flüssigkeit an der Oberfläche der Sonne.

Von den Thatsachen, welche mir die geringe Verschiedenheit beider Coëfficienten auf der Sonne wahrscheinlich machen und daher *a priori* die Anwendbarkeit der einfachen Form (7) des Rotationsgesetzes zulässig erscheinen lassen, führe ich folgende Resultate aus den Untersuchungen O. E. Meyer's an. Am Schlusse seiner ausführlichen Abhandlung „über die Reibung der Flüssigkeiten" wird hervorgehoben, „dass die innere Reibung tropfbarer Flüssigkeiten mit steigender Temperatur abnimmt." Ferner: „Atmosphärische Luft hat eine bedeutendere (innere) Reibung, als man nach ihrer geringen Dichtigkeit erwarten sollte. Dieselbe ist nur etwa 40 mal so klein wie die des Wassers, obschon die Dichtigkeit 770 mal so gering ist."[4]) In einer späteren Abhandlung[5]) reproducirt Meyer die theoretischen Resultate Maxwell's.[6]) Nach dieser Theorie ist der Reibungscoëfficient eines vollkommenen Gases von der Dichtigkeit desselben unabhängig, dagegen proportional der Quadratwurzel aus seiner absoluten Temperatur. Die Beobachtungen Meyer's sind mit diesen Forderungen der mechanischen Theorie der Gase in genügender

[1]) Magnus, Pogg. Ann. Bd. CXXI, p. 174.
[2]) *Cambr. Tr. 9, part. 2, p. 18.*
[3]) Pogg. Ann. CXXV, p. 189.
[4]) Ibid. CXIII, p. 424.
[5]) Ibid. Bd. CXXV, p. 586.
[6]) *Phil. mag. 4th ser. Vol. 19, p. 31.*

Uebereinstimmung.[1]) In meiner Abhandlung „über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne“[2]) habe ich für die absolute Temperatur an der Oberfläche der Sonne einen Näherungswerth von

$$t = 27700^0 \text{ C.}$$

gefunden. Bezeichnet daher η_0 den inneren Reibungscoëfficienten eines absoluten Gases bei 10° C. über dem Gefrierpuncte des Wassers, also bei einer absoluten Temperatur von 283° C. und ebenso η den Werth dieses Coëfficienten bei der absoluten Temperatur von 27700°, so hat man zur Berechnung von η nach dem erwähnten Gesetze Maxwell's einfach die folgende Relation:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \sqrt{\frac{27700}{283}}$$

woraus sich ergiebt:

$$\eta = 9.9\,\eta_0.$$

Es brauchte demgemäss (nach dem oben erwähnten Verhältniss der inneren Reibung von Wasser und Luft) für die glühende Flüssigkeit an der Sonnenoberfläche nur ein etwa viermal kleinerer Reibungscoëfficient als der des reinen Wassers angenommen zu werden, um das zweite Glied des allgemeinen Ausdrucks für das Rotationsgesetz vernachlässigen zu können. Eine solche Annahme der grösseren Verschiebbarkeit jener Flüssigkeit würde aber bei der hohen Temperatur eine sehr begründete sein, da die oben erwähnte Abnahme der inneren Reibung der Flüssigkeiten bei steigender Temperatur nach den Beobachtungen Meyer's beträchtlich schneller erfolgt, als die Zunahme dieser Reibung bei Gasen.[3]) Ausserdem haben wir in den strömenden Gasmassen an der Oberfläche der Sonne noch Dämpfe von schwerer flüchtigen Stoffen anzunehmen, welche den Reibungscoëfficienten der im absoluten Gaszustande befindlichen Massen beträchtlich vergrössern

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. CXXVII. p. 254.

[2]) Berichte der kön. sächs. Ges. d. W. Sitzung vom 2. Juni 1870.

[3]) Pogg. Ann. Bd. CXXVII. p. 253. — Auch Hagenbach hebt als besonderes Resultat seiner Untersuchungen den Satz hervor, dass die Zähigkeit oder innere Reibung der Flüssigkeiten „sehr bedeutend“ mit steigender Temperatur abnimmt. (Pogg. Ann. Bd. CIX. p. 425.)

müssen, eine Thatsache, die sich ebenfalls aus den Beobachtungen Meyer's bezüglich des in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes ergeben hat. Durch alle diese Betrachtungen glaube ich die Vernachlässigung des zweiten Gliedes der allgemeinen Formel und die damit verbundene Vereinfachung des theoretischen Ausdruckes des Rotationsgesetzes der Sonne zur Genüge gerechtfertigt zu haben.

8.

Die Beobachtungen Carrington's, auf welche zunächst die entwickelte Theorie angewandt werden soll, erstrecken sich auf die Zeit vom 9. November 1853 bis zum 24. März 1861, und enthalten demgemäss sowohl ein Minimum der Sonnenflecken, welches nach der Tabelle von R. Wolf im Jahre 1856.2 stattfand, als auch ein Maximum im Jahre 1860.2.

Die folgende Tabelle, welche die reducirten Resultate aller Beobachtungen enthält, ist dem bereits oben citirten, umfangreichen Werke Carrington's „*Observations of the spots on the Sun*" p. 220 entnommen.

Die erste Columne in jeder Hemisphäre giebt die heliographische Breite an, die zweite enthält die mittlere tägliche Bewegung der in dieser Breite beobachteten Flecken in Länge, die dritte diese Bewegung für denselben Zeitraum in Breite. Beide Coordinaten sind in heliocentrischen Bogenminuten ausgedrückt. Die vierte Columne endlich enthält die Anzahl der Fleckenbeobachtungen, aus denen die betreffenden Werthe abgeleitet worden sind und gestattet hierdurch eine Beurtheilung der relativen Gewichte, welche den einzelnen Werthen beizulegen sind. Gleichzeitig gewähren diese Zahlen aber auch einen unmittelbaren Einblick in die Beziehung, in welcher die Häufigkeit der Fleckenerscheinungen zur heliographischen Breite steht.

Die Beobachtung des einen Fleckes in 50° nördlicher Breite, die höchste Breite, in welcher bisjetzt überhaupt das Vorkommen eines Fleckes constatirt ist, rührt von Peters in Hamilton College, Clinton, New-York, her. Der Werth ist aus den Beobachtungen zweier Tage zu Neapel am 8. und 13. Juni des Jahres 1846 abgeleitet worden.

Tabelle I.

Carrington's Beobachtungen von Sonnenflecken.

Nördl. Breite	Tägliche Bewegung in Länge	Tägliche Bewegung in Breite	Zahl der beob. Flecken	Südliche Breite	Tägliche Bewegung in Länge	Tägliche Bewegung in Breite	Zahl der beob. Flecken
+50°	—64′	+11′	1	—45°	—92′	— 8′	2
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
37°	—66′	—17′	2	—	—	—	—
36°	—	—	—	36°	—50′	+ 6′	2
35°	—	—	—	35°	—	—	—
34°	—43′	+ 4′	12	34°	—44′	— 1′	15
33°	—33′	+ 7′	4	33°	—36′	+10′	2
32°	—30′	— 2′	2	32°	—52′	— 5′	2
31°	—21′	+ 5′	15	31°	—	—	—
30°	—20′	— 1′	12	30°	—33′	+ 4′	12
29°	—36′	+ 6′	5	29°	—34′	+ 1′	35
28°	—28′	+ 8′	25	28°	—35′	+ 1′	18
27°	—27′	+ 2′	12	27°	—40′	+ 0′	10
26°	—21′	— 1′	43	26°	—27′	+ 0′	17
25°	—12′	+ 3′	4	25°	—20′	+ 3′	27
24°	—16′	+ 2′	23	24°	—23′	+ 4′	14
23°	—19′	+ 1′	34	23°	—17′	+ 3′	7
22°	—12′	— 1′	33	22°	—14′	— 0′	72
21°	—14′	+ 0′	34	21°	—18′	+ 5′	27
20°	— 9′	+ 1′	31	20°	—12′	+ 2′	38
19°	—11′	— 0′	47	19°	—13′	+ 1′	18
18°	— 6′	— 1′	6	18°	— 6′	— 0′	45
17°	— 9′	— 1′	15	17°	—10′	+ 1′	32
16°	— 5′	+ 2′	17	16°	— 6′	+ 0′	9
15°	— 0′	+ 2′	41	15°	—10′	— 0′	27
14°	— 4′	— 1′	30	14°	— 4′	— 1′	28
13°	— 2′	— 2′	24	13°	+ 1′	0′	2
12°	+16′	— 4′	18	12°	+ 1′	— 0′	97
11°	+ 5′	— 0′	38	11°	+ 6′	— 1′	18
10°	+ 2′	— 1′	22	10°	+ 3′	+ 1′	22
9°	+ 8′	— 8′	13	9°	+12′	+ 1′	43
8°	+10′	— 0′	71	8°	+ 6′	+ 3′	38
7°	+ 8′	— 1′	53	7°	+21′	+ 0′	16
6°	+11′	— 2′	19	6°	—	—	—
5°	+31′	+10′	5	5°	+24′	—12′	1
4°	+15′	+ 2′	6	4°	+18′	— 4′	3
3°	+38′	— 2′	2	3°	0′	— 1′	11
2°	—	—	—	2°	—17′	+ 9′	2
1°	—	—	—	1°	— 4′	0′	2
0°	—	—	—	0°	+10′	— 6′	1

Zu dieser Tabelle bemerkt Carrington, auf eine andere Zusammenstellung seiner Resultate Bezug nehmend, bei welcher eine grössere Anzahl von Beobachtungen ausgeschlossen wurde, Folgendes:

„In the above table it will be remarked that there is more distinctly a trace of motion in tatitude, the sings being on the whole + for latitudes higher N. or S. than 20°, though the daily polar motion between 20° and 40° of latitude on an average does not exceed 2', a quantity which could only be deduced from the totality of a large number of single results. Between the parallels of 10° to 20° the motion in latitude is evidently very small; but the signs are generally negative and a feeble tendency towards the Equator of about 1' per diem is indicated. Within 10° of the Equator on either side no reliable motion in latitude appears to exist, the sings varying much and the mean results being of less weight. It may however be inferred from these conclusions that elements of rotation will be best based on observed differences of latitude between about 8 and 18 degrees of latitude in either hemisphere, pairing them together in sets of two, one North and one South."

Bezüglich der geringen Bewegung der Flecke in Breite und der Ursache dieser Erscheinung verweise ich auf das oben (S. 121) hierüber Bemerkte. Aus den Veränderungen in Länge leitet Carrington die Rotationswinkel verschiedener Breitenkreise der Sonnenoberfläche innerhalb eines mittleren Tages ab, und stellt die erhaltenen Resultate in folgender Tabelle zusammen. Ich habe derselben in der dritten Columne noch die mittleren Werthe der täglichen Bewegung in Breite beigefügt, wie sie sich als Mittel aus je fünf der in Tabelle I. enthaltenen Werthe ergeben. [1])

[1]) Secchi reproducirt auf p. 90 seines bereits oben citirten Werkes *„Le Soleil"* ebenfalls die folgende Tabelle von Carrington und fügt derselben eine dritte Columne als *„extraite du même Ouvrage pour les mouvements en latitude"* bei, deren Werthe indessen durchschnittlich etwa 5mal grösser als die unten folgenden sind. Man überzeugt sich jedoch leicht, dass dieser Unterschied auf ein Versehen in der Berechnung dieser

Tabelle II.

Rotationswinkel der Sonnenoberfläche in verschiedenen Breiten während eines mittleren Tages.

Breite	Täglicher Rotations-winkel	Tägliche Bewegung in Breite	Zahl der beob. Flecken
+50°	787′	+11′	1
+45°	—	—	—
+40°	—	—	—
+35°	806′	—	18
+30°	824′	+ 8′.5	59
+25°	831′	+ 3′.0	116
+20°	840′	+ 1′.0	151
+15°	851′	+ 0′.2	127
+10°	859′	— 1′.0	142
+ 5°	863′	— 2′.4	85
0°	867′	+ 3′.3	5
— 5°	865′	— 1′.6	31
—10°	856′	+ 1′.0	218
—15°	845′	— 0′.4	98
—20°	839′	+ 0′.8	200
—25°	827′	+ 3′.0	75
—30°	814′	+ 1′.2	67
—35°	803′	— 3′.3	19
—40°	—	—	—
—45°	739′	— 9′	2
—50°	—	—	—

9.

Carrington hat versucht, die in vorstehender Tabelle ausgedrückte Abhängigkeit des täglichen Rotationswinkels von der heliographischen Breite durch eine empirische Formel auszudrücken und giebt hierfür die folgende an, in welcher, wie oben, ξ den täglichen Rotationswinkel in heliocentrischen Minuten und φ die heliographische Breite bezeichnet:

$$\xi = 865' - 165' \sin^{\frac{7}{4}} \varphi.$$

Eine weitere Modification dieser Formel, welche darin besteht, dass φ um 1° verkleinert wird, schliesst sich den

Werthe zurückzuführen ist, indem Secchi einfach nur die algebraischen Summen der, für verschiedene Flecken innerhalb je 5° beobachteten, täglichen Bewegungen in Breite angiebt, ohne diese Summen durch die Anzahl der Beobachtungen zu dividiren, deren Mittelwerthe sie darstellen sollen.

Beobachtungen noch etwas besser an. Indessen mag diese Formel, die dann nicht weniger als 4 empirische Constanten besässe, hier unberücksichtigt bleiben; es sollen nur die Werthe der obigen Formel mit denen verglichen werden, welche die theoretisch abgeleitete Formel mit nur zwei Constanten liefert, wenn die letzteren nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den Beobachtungen bestimmt werden.

Faye hat versucht, die Formel von Carrington im Zusammenhange mit seinen Anschauungen über die gasförmige Natur des ganzen Sonnenkörpers durch eine andere zu ersetzen. Indem Faye die Sonnenflecken als Oeffnungen in der Photosphäre betrachtet, welche durch verticale, aus tieferen Schichten emporsteigende Gasströme erzeugt werden, begründet er seine Formel in folgender Weise:[1])

„*De l'échange continuel qui s'opère entre les couches profondes et la surface, au moyen de courants verticaux, il faut conclure que les lois ordinaires de la rotation dans une masse fluide en équilibre doivent être singulièrement altérées, puisque cet équilibre est constamment troublé dans le sens vertical.*[2]) *Les masses ascendantes, parties d'une grande profondeur, arrivent en haut avec une vitesse linéaire de rotation moindre que celle de la surface, parce que les couches d'où elles partent ont un moindre rayon. De là un ralentissement général dans le mouvement de la photosphère, bien que ce retard doive être compensé, pour la masse totale, par les courants descendants, de manière que la loi fondamentale des aires soit satisfaite. De même notre atmosphère ne suit pas exactement les lois de la rotation d'une masse en équilibre, mais les effets sont tout différents parce qu'elle repose sur un globe solide ou liquide.*

„*Si la photosphère est en retard sur la rotation générale, les couches profondes devront par compensation se trouver en avance sur ce mouvement. De cette opposition il ré-*

[1]) *Comptes rendus T. 60. p. 146 ff. Séance du 23. Janvier 1865.*

[2]) *Néanmoins la direction de l'axe peut rester invariable pendant toutes les phases que nous aurons à considérer.*

sulte que, tandis que la photosphère aura une faible tendance à se rapprocher de l'axe de rotation, en coulant superficiellement vers les pôles, la tendance contraire se manifestera dans les couches inférieures qui se porteront vers l'équateur. Les choses se passeront comme si les points de départ des courants verticaux se trouvaient sur une surface interne plus éloignée des pôles que de l'équateur; et si cette surface idéale d'émission était sphéroïdale, par exemple, sa profondeur, et par suite le retard des zônes successives de la photosphère, varierait à peu près comme le carré du sinus de la latitude. Or c'est ce que donnerait la formule empirique de M. Carrington si on la corrigeait du défaut de continuité qui lui a été objecté avec raison par M. Babinet, en remplaçant la puissance $\frac{7}{4}$ du sinus par la puissance paire $\frac{8}{4}$ ou 2.[1])

Je trouve en effet que les observations sont aussi bien représentées par la formule

$$\text{Mouvement diurne} = 862' - 186' \sin^2 l.$$

„Mais ici les faits cessent de nous guider; au fond la loi de ces variations n'est pas réellement connue, la rareté des taches dans les 5 premiers degrés de la zône équatoriale et dans la zône polaire qui commence au 35e degré ne permet pas encore de déterminer la forme algébrique de cette variation."[2])

Um eine übersichtliche Vergleichung der obigen Formel von Faye mit der empirischen von Carrington und der theoretischen von mir bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit zu gestatten, habe ich in der folgenden Tabelle die beobachteten Werthe der Rotationswinkel und ihre Abweichungen von den berechneten (Rechnung — Beobachtung) zusammengestellt. Für die zu diesem Zwecke zunächst aus den Beobachtungen beider Hemisphären nach der Methode der kleinsten Quadrate

[1]) *Comptes rendus*, 12. Sept 1865. p. 481.

[2]) *Les observations faites vers le 45e et le 50e degré sembleraient indiquer un minimum de vitesse angulaire vers 45 degrés et non vers les pôles, mais la faiblesse des poids montre qu'il n'y a pas beaucoup à compter sur elles.*

abgeleiteten Constanten A und B meiner Formel haben sich die folgenden Werthe ergeben:

$$A = 863.4$$
$$B = 619.5$$

Zur Berechnung wurden alle Beobachtungen zwischen 5° und 35° nördlicher und südlicher Breite mit gleichen Gewichten benutzt. Die Formel von Carrington, Faye und mir sind mit *C.*, *F.* und *Z.* bezeichnet.

Tabelle III.

φ	ξ (beob.)	*C.* Fehler	*C.* Quadrate	*F.* Fehler	*F.* Quadrate	*Z.* Fehler	*Z.* Quadrate
+50°	[787']	[—25]	[625]	[—34]	[1156]	[— 9]	[81]
+45°	—	—	—	—	—	—	—
+40°	—	—	—	—	—	—	—
+35°	806'	— 3	9	— 5	25	— 1	1
+30°	824'	— 8	64	— 9	81	— 6	36
+25°	831'	— 2	4	— 2	4	0	0
+20°	840'	0	0	0	0	+ 2	4
+15°	851'	— 2	4	— 2	4	0	0
+10°	859'	— 2	4	— 2	4	— 1	1
+ 5°	863'	— 1	1	— 1	1	— 1	1
0°	867'	— 2	4	— 5	25	— 4	16
— 5°	865'	— 2	4	— 3	9	— 3	9
—10°	856'	+ 1	1	+ 1	1	+ 2	4
—15°	845'	+ 5	25	+ 4	16	+ 6	36
—20°	839'	+ 0	0	+ 1	1	+ 3	9
—25°	827'	+ 2	4	+ 2	4	+ 4	16
—30°	814'	+ 2	4	+ 1	1	+ 4	16
—35°	805'	— 2	4	— 4	16	0	0
—40°	—	—	—	—	—	—	—
—45°	[759']	[+19]	[361]	[+10]	[100]	[+24]	[576]

Mit Berücksichtigung aller Beobachtungen ergiebt sich hieraus als Summe der Fehlerquadrate für die drei Formeln:

$$C. = 1118$$
$$F. = 1448$$
$$Z. = 806$$

Schliesst man jedoch die beiden äussersten Beobachtungen in beiden Hemisphären, wegen ihres geringen Gewichtes aus, so erhält man:

$C. = 132$
$F. = 192$
$Z. = 149$

Es folgt hieraus, dass im ersten Falle meine theoretische Formel einen entschiedenen Vorzug vor den Formeln von Carrington und Faye besitzt, dass dagegen im zweiten Falle die Beobachtungen durch sie nicht wesentlich schlechter dargestellt werden, als durch die empirische Formel von Carrington.

10.

Betrachtet man die Vertheilung der Vorzeichen der Fehler, so zeigt sich bei allen drei Formeln übereinstimmend, dass für die nördliche Hemisphäre die negativen, für die südliche die positiven Zeichen in sehr entschiedener Weise überwiegen. Es folgt hieraus, dass das Rotationsgesetz für beide Hemisphären nicht genau dasselbe sein kann, und in der That, vergegenwärtigt man sich die theoretische Ableitung unserer Formel, so hängen die in derselben vorkommenden Constanten A und B lediglich von der physikalischen Beschaffenheit, also der Temperatur, den Reibungscoëfficienten u. dgl. m. an der Oberfläche einer jeden Hemisphäre ab.

Bezüglich der Temperatur folgert Secchi aus seinen thermoskopischen Beobachtungen, dass dieselbe in der nördlichen Hemisphäre etwas höher als in der südlichen sei und am Aequator ein Maximum besitze.[1]) Ebenso wird die Anzahl und Vertheilung der Flecken in beiden Hemisphären, wie unten ausführlicher erörtert werden soll, im Allgemeinen nicht ohne Einfluss auf die Reibungsverhältnisse der bewegten Massen sein können. Will man demgemäss bei der Vergleichung eines theoretischen Ausdruckes des Rotationsgesetzes mit den Beobachtungen rationell verfahren, so müssen die beiden Constanten der Formel für jede Hemisphäre besonders bestimmt werden.

Die nach der Methode der kleinsten Quadrate abgeleiteten Constanten A und B erhalten für meine Formel die folgenden Werthe:

[1]) *Le Soleil*, p. 133. Ausserdem: *Nuova ricerche sulla distribuzione del calore alla superficie solare.* (Tortolini, *Annal. sc. mat. e fiis. IV. 1853.)*

Nördl. Hemisphäre
$A = 863.8$
$B = 613.2$

$$\xi = \frac{A - B\sin^2\varphi}{\cos\varphi}$$

Südl. Hemisphäre
$A = 861.8$
$B = 620.5$

Tabelle IV.

Nördliche Hemisphäre				Südliche Hemisphäre			
φ	ξ beob.	ξ berechn.	Differenz	φ	ξ beob.	ξ berechn.	Differenz
+ 0°	867	863.8	—3.2	— 0°	867	861.8	— 5.2
5°	863	862.6	—0.4	5°	865	860.4	— 4.6
10°	859	858.4	—0.6	10°	856	856.2	+ 0.2
15°	851	851.7	+0.7	15°	845	849.2	+ 4.2
20°	840	843.0	+3.0	20°	839	839.8	+ 0.8
25°	831	832.1	+1.1	25°	827	828.5	+ 1.5
30°	824	820.6	—3.4	30°	814	816.0	+ 2.0
35°	806	807.6	+1.6	35°	805	801.7	— 3.3
40°	—	797.1	—	40°	—	790.5	—
45°	—	788.7	—	45°	759	780.0	+21.0
50°	787	783.8	—3.2	50°	—	774.1	—

Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung für die nördliche Hemisphäre eine überraschende und so vollkommen, wie dies bei der Unsicherheit der einzelnen Beobachtungen kaum besser von irgend einer Formel verlangt werden kann. Es wird selbst die Beobachtung von Peters in der Breite von 50° ebenso gut wie die andern Werthe dargestellt. Für die südliche Hemisphäre dagegen ist der Anschluss der Formel an die Beobachtungen weniger gut.

Indessen lässt sich auch hier noch eine bessere Uebereinstimmung bezüglich der äussersten Beobachtung erzielen, wenn man die aus den Beobachtungen der nördlichen Hemisphäre abgeleitete Rotationsgeschwindigkeit am Aequator, also den Werth der Constanten

$$A = 863.8$$

auch für die südliche Hemisphäre annimmt. Es erhält dann nur die Constante B für jede Hemisphäre einen besonderen Werth und zwar:

für die nördliche Hemisphäre $B = 613.2$
für die südliche Hemisphäre $B = 631.1$

Mit Hülfe dieser Werthe ist die folgende Tabelle berechnet:

Tabelle V.

φ	ξ beob.	ξ berechn.	Differenz	Quadrate	Zahl d. beob. Flecken
+50°	787	783.8	— 3.2	10.2	1
+45°	—	788.7	—	—	0
+40°	—	797.4	—	—	0
+35°	806	807.6	+ 1.6	2.6	18
+30°	824	820.6	— 3.4	11.5	59
+25°	831	832.1	+ 1.1	1.2	116
+20°	840	843.0	+ 3.0	9.0	151
+15°	851	851.7	+ 0.7	0.5	127
+10°	859	858.4	— 0.6	0.4	142
+ 5°	863	862.6	— 0.4	0.2	85
0°	867	863.8	— 3.2	10.2	5
— 5°	865	862.4	— 2.6	6.8	31
—10°	856	857.9	+ 1.9	3.6	218
—15°	845	850.6	+ 5.6	31.4	98
—20°	839	840.6	+ 1.6	2.6	200
—25°	827	828.7	+ 1.7	2.9	75
—30°	814	815.3	+ 1.3	1.7	67
—35°	805	801.0	— 4.0	16.0	19
—40°	—	787.5	—	—	0
—45°	759	775.2	+16.4	262.4	2
—50°	—	766.3	—	—	0

Für die Summe der Fehlerquadrate ergiebt sich hieraus die Zahl 373, ein Werth, der um mehr als die Hälfte kleiner als der oben S. 132 unter Annahme eines für beide Hemisphären gleichen Werthes der Constante B erhalten wurde. Schliesst man aber nur die einzige Beobachtung bei —45° aus, so reducirt sich die Summe der Fehlerquadrate auf die Zahl 111, ein Werth, welcher nach dem Obigen kleiner als der mit Carrington's empirischer Formel erhaltene Werth (132) ist, zu dessen Erlangung jedoch nicht nur eine, sondern zwei Beobachtungen in den höchsten Breiten ausgeschlossen werden müssen.

Ich glaube durch die vorstehend mitgetheilten Resultate zur Genüge bewiesen zu haben, dass die von mir auf Grund bekannter physikalischer Gesetze abgeleitete Formel die Beobachtungen Carrington's besser darstellt, als irgend eine der bisher bekannten Formeln.

Indem ich in der vorliegenden Abhandlung zunächst auf eine approximative Grenzbestimmung der in den Grössen A und B enthaltenen physikalischen Constanten der Sonnenoberfläche verzichte, zweifle ich nicht, dass dies bei späteren Untersuchungen, die sich auf ein grösseres und detaillirter behandeltes Beobachtungsmaterial stützen, gelingen wird. Wir werden auf diese Weise im Stande sein, jene Constanten ähnlich der Lichtemission, der Temperatur u. dgl. m. auf irdische Masseinheiten zu reduciren und dadurch diese Grössen mit den annalogen uns bekannter Körper zu vergleichen.

Die folgenden Betrachtungen sollen nun zeigen, wie diese Theorie auch von den Modificationen des Rotationsgesetzes Rechenschaft zu geben im Stande ist, welche dasselbe sowohl in verschiedenen Zeiten der Sonnenfleckenperiode, als auch bei einzelnen Flecken in verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung den Beobachtungen entsprechend erleidet.

11.

Die oben S. 117 erhaltene Differentialgleichung für die Componente der linearen Rotationsgeschwindigkeit eines strömenden Massenelementes war folgende:

$$dv = -Aav_1 \sin\varphi \cos\varphi d\varphi$$

Hierin bedeutete:

A einen Proportionalitätsfactor,

a den Reibungscoëfficienten zwischen der Oberfläche der festen Kugel und der strömenden Flüssigkeit,

v_1 die lineare Rotationsgeschwindigkeit eines Punctes auf dem Aequator der festen Kugel,

φ die Breite eines strömenden Theilchens.

Im Laufe der ferneren Betrachtungen hatte sich die feste Kugel in eine flüssige verwandelt, und demgemäss a die Bedeutung des Coëfficienten der inneren Reibung der Flüssigkeit erlangt; v_1 bedeutet alsdann die lineare Rotationsgeschwindigkeit eines Theilchens am Aequator des flüssigen Kerns, welcher dem gewöhnlichen Rotationsgesetz einer starren Kugel folgt.

Es wurde hierbei angenommen, dass die Tiefe, in welcher die Theilchen der flüssigen Kugel sich dem normalen Rotationsgesetz entsprechend verhalten, eine im Verhältniss zu den

Dimensionen der Kugel verschwindend kleine sei, oder mit andern Worten, dass die Tiefe der an der Oberfläche der flüssigen Kugel erzeugten Driftströmungen unendlich klein sei.

Betrachtet man nun die Geschwindigkeiten, welche in verschiedenen Tiefen dieser dünnen Schicht stattfinden, einer Schicht, die bei den gewaltigen Dimensionen der Sonne wahrscheinlich nach Meilen gemessen werden muss, so ist klar, dass zwischen diesen Geschwindigkeiten ein continuirlicher Uebergang existiren wird. Es soll jetzt untersucht werden, in welchem Sinne dieser Uebergang stattfindet, d. h. ob mit wachsender Tiefe innerhalb der betrachteten Schicht die lineare Geschwindigkeit der Rotation wächst oder abnimmt. Zu diesem Zwecke ist nur erforderlich, die Geschwindigkeit v_a eines Punctes an der Oberfläche der Flüssigkeit mit der Geschwindigkeit v_i eines Punctes im Innern derselben in derjenigen Tiefe zu vergleichen, in welcher das Rotationsgesetz einer starren Kugeloberfläche zu gelten beginnt.

Bezeichnet v_1 die lineare Rotationsgeschwindigkeit eines Punctes am Aequator der inneren Kugeloberfläche, also auf dem Grunde der dünnen Schicht, und φ_1, wie oben, diejenige Breite, in welcher sich die Polarströmung entwickelt, so hat man mit Rücksicht auf das Frühere:

$$v_a = v_1 \left[\tfrac{1}{2} A\alpha \left(\sin^2\varphi_1 - \sin^2\varphi\right) + \cos\varphi_1\right]$$
$$v_i = v_1 \cos\varphi$$

folglich:

$$\frac{v_a}{v_i} = \frac{\tfrac{1}{2} A\alpha \left(\sin^2\varphi_1 - \sin^2\varphi\right) + \cos\varphi_1}{\cos\varphi} \quad \ldots\ldots (8)$$

Es handelt sich also nur darum, zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen dieser Ausdruck grösser oder kleiner als Eins ist.

Zunächst sieht man, dass unter allen Umständen für $\varphi = \varphi_1$

$$\frac{v_a}{v_i} = 1$$

sein muss, entsprechend der Annahme, dass die Geschwindigkeit der strömenden Masse beim Beginn ihrer Bewegung die normale Rotationsgeschwindigkeit der dem Ausgangspuncte zugehörigen Breite besitzt. Differentiirt man die obige Gleichung

nach φ und setzt den erhaltenen Ausdruck gleich Null, so ergiebt sich:

$$[\cos\varphi_1 - \tfrac{1}{2}Aa\,(\cos^2\varphi_1 + \cos^2\varphi)]\,\frac{\operatorname{tang}\varphi}{\cos\varphi} = 0.$$

Dieser Gleichung genügt, abgesehen von Specialfällen, allgemein der Werth $\varphi = 0$ und es erlangt, wie man sich leicht überzeugt, der Werth von $\frac{r_e}{r_i}$ am Aequator ein Minimum. Hieraus folgt, dass das Verhältniss der beiden Geschwindigkeiten mit abnehmender Breite bis zum Aequator stetig kleiner wird und demgemäss, mit Rücksicht auf den obigen Werth in der Breite φ_1, im Allgemeinen stets kleiner als Eins sein muss.

Man gelangt also zu dem wichtigen Resultate, dass innerhalb der betrachteten, relativ sehr dünnen Schicht an der Oberfläche der flüssigen rotirenden Kugel die Rotationsgeschwindigkeit mit zunehmender Tiefe wächst, *so dass die tiefer gelegenen Schichten den darüber liegenden im Sinne der Rotation vorauseilen.*

Da sich offenbar dieselbe Betrachtung auch auf die dünne atmosphärische Schicht anwenden lässt, welche als Polarstrom die Driftströmung auf der Oberfläche der Flüssigkeit hervorruft, und nach dem Früheren ein continuirlicher Uebergang zwischen den Geschwindigkeiten der einzelnen Schichten der Atmosphäre und der Flüssigkeit angenommen werden muss, so folgt hieraus, dass, mit Ausnahme der Polarregionen, in denen die Ströme ihren Ursprung haben, *auf der ganzen Sonnenoberfläche östliche*[1]) *Winde wehen, deren Geschwindigkeit mit abnehmender Breite stetig wächst und am Aequator ein Maximum erreicht.*

Demgemäss sind die betrachteten Driftströmungen an der glühend flüssigen Sonnenoberfläche dem inneren, normal rotirenden, Kerne gegenüber im Allgemeinen von Osten nach Westen gerichtet und das Rotationsgesetz nur eine Folge der Ver-

[1]) Die Bezeichnung der Himmelsrichtung ist hier und an allen andern Orten stets heliocentrisch zu nehmen, so dass unter einem östlichen Wind ein solcher verstanden wird, der eine der Rotationsbewegung entgegengesetzte Componente besitzt.

zögerung oder Hemmung, welche die Rotationsbewegung der oberflächlichen Schichten der rotirenden Kugel an den Polarströmungen der Atmosphäre erleidet.

12.

Untersuchen wir jetzt die Bewegungen von Körpern etwas näher, welche wie die Sonnenflecken auf der Oberfläche der glühenden Flüssigkeit schwimmen, und ganz wie die letztere vermöge der Reibung dem retardirenden Einfluss der Polarströme unterworfen sind.

Nimmt man zunächst die Dicke eines Sonnenfleckes im Verhältniss zur Tiefe der ganzen Driftströmung sehr klein an und setzt sein specifisches Gewicht nicht wesentlich kleiner als das der glühenden Flüssigkeit voraus, so wird der Fleck so lange dieselbe Geschwindigkeit wie die ihn umgebende Driftströmung besitzen, als die Reibung zwischen seiner Oberfläche und der Atmosphäre nicht grösser als diejenige zwischen der Flüssigkeit und dieser Atmosphäre ist. Ist dagegen diese Reibung grösser, so erleidet der Fleck eine stärkere Hemmung seiner Rotationsbewegung und bewegt sich folglich langsamer im Sinne der letzteren als der Driftstrom.

Wie ich glaube bedarf die Annahme, dass die Reibung oder der Widerstand der strömenden Atmosphäre an der Oberfläche eines Sonnenfleckes, wenn derselbe als eine Schlackenmasse betrachtet wird, eine grössere als an der flüssigen Oberfläche sei, keiner besonderen Begründung.

Man vergegenwärtige sich z. B. die felsartig zerklüftete Oberfläche einer viele Meilen umfassenden Eisscholle in unseren Polarmeeren und vergleiche sie mit der Oberfläche des sturmbewegten Meeres, in welchem sie schwimmt, so gewinnt man vielleicht einige, wenn auch nur schwache, Anhaltspuncte für diejenigen Vorstellungen, welche mit den bisher theoretisch angewandten Begriffen, wie Reibung, Verschiebbarkeit u. dgl. m. verknüpft werden müssen. Wir dürfen uns aber von der Anwendung allgemeiner physikalischer Begriffe auch auf solche Naturphänomene nicht abhalten lassen, bei welchen die Discontinuität der constituirenden Elemente durch die Grösse der Dimensionen für unsere Sinne eine auffälligere ist. — Die

Oberfläche eines glatten Sandsteins erscheint im Mikroskop als rauhe und zerklüftete Felswand.

Die Dimensionen der Sonne sind so ungeheure, dass diejenigen Grössen, welche man hier im physikalischen Sinne als unendlich klein zu betrachten berechtigt ist, bei Anwendung irdischer Maasse nach Meilen gemessen werden müssen.

Nimmt man also die Reibung der Atmosphäre an der Oberfläche der Sonnenflecken grösser als an der Oberfläche der sie umgebenden Flüssigkeit an, so folgt, dass die Rotationsgeschwindigkeit eines Flüssigkeitstheilchens grösser als diejenige eines in gleicher Breite beobachteten Sonnenfleckes sein muss. Diese Verschiedenheit wird offenbar für die Ableitung der allgemeinen Form des Rotationsgesetzes aus den Bewegungen der Sonnenflecken so lange ohne Einfluss sein, als die verringerte Geschwindigkeit des Sonnenfleckes für alle Breiten proportional der Geschwindigkeit des Driftstromes gesetzt werden kann. Ausserdem darf aber die Anzahl der in einer bestimmten Breite befindlichen Flecken nicht so gross sein, dass hierdurch die Geschwindigkeit des Driftstromes in seiner ganzen Ausdehnung gehemmt wird. Dass dies bei einer grossen Anzahl von Flecken, die gleichzeitig oder nach kürzeren Intervallen in derselben Breite auftreten, nothwendig der Fall sein muss, ist leicht ersichtlich, da alsdann die Flecken sich dem Driftstrome gegenüber wie Inseln in der Mitte eines Stromes verhalten würden.

Da nun aber die Vertheilung der Flecken auf der Sonnenoberfläche keine gleichmässige, sondern eine auf zwei Zonen beschränkte ist, welche sich im Mittel vom 5ten bis zum 30ten Grad nördlicher und südlicher Breite ausdehnt, so könnte dieser zuletzt erwähnte Einfluss nur innerhalb dieser beiden Zonen ungefähr bei 17°.5 ein Maximum erreichen. Ferner ist klar, dass dieser Einfluss zu denjenigen Zeiten am stärksten hervortreten muss, in welchen sich die angedeutete Vertheilung der Flecken und die dadurch bedingte Verschiedenheit der Sonnenoberfläche am deutlichsten ausspricht. Es wird dies offenbar in solchen Zeiten der Fall sein, wo die Anzahl der überhaupt auf der Sonne befindlichen Flecken am grössten ist, d. h. zur Zeit der Maxima der Sonnenflecken.

13.

Dieser Einfluss ist bisher bei der theoretischen Ableitung des Rotationsgesetzes nicht berücksichtigt worden, vielmehr wurde hierbei bezüglich der physikalischen Constanten die Annahme einer vollkommenen Homogeneität der Sonnenoberfläche gemacht. Indessen ist bereits aus dem Obigen ersichtlich, dass die Beschaffenheit der hierdurch bedingten Aenderung des Rotationsgesetzes im Allgemeinen leicht anzugeben ist. Es muss nämlich die nach der früheren Formel berechnete Rotationsgeschwindigkeit um eine gewisse Grösse verkleinert werden, die sich mit der Breite ändert und für einen Werth von ungefähr 17°.5 ein Maximum erreicht. Demgemäss würde der Ausdruck des Rotationsgesetzes mit Berücksichtigung dieses Einflusses die folgende Gestalt annehmen.

$$\xi = \frac{A - B \sin^2 \varphi}{\cos \varphi} - C \cdot f(\varphi) \ldots\ldots$$

wo $f(\varphi)$ die soeben erwähnte Function mit dem Maximum für $\varphi = 17°.5$ wäre.

Sind die hier angestellten Betrachtungen in der Natur begründet und liegt die Grösse des fraglichen Einflusses nicht innerhalb der Unsicherheit der Beobachtungswerthe, so muss sich in den oben erhaltenen Differenzen zwischen den berechneten und beobachteten Werthen ein gewisser Gang erkennen lassen, in der Weise, dass die Abweichungen im positiven Sinne zwischen 15° und 20° ein Maximum erreichen.

Ein Blick auf die letzte Tabelle V. zeigt, dass dies für die Abweichungen beider Hemisphären in der That der Fall ist, obschon in viel stärkerer Weise für die südliche als für die nördliche Hemisphäre. In der ersteren fällt die grösste Abweichung + 3.0 auf die Breite + 20°, in der letzteren die Abweichung + 5.6 auf die Breite — 15°. Vergleicht man aber mit Rücksicht auf die in Tabelle I. gegebenen Zahlen der beobachteten Flecken die Vertheilung derselben, so fallen in der nördlichen Hemisphäre auf die Zone zwischen + 10° und + 20° etwa 40 Procent, in der südlichen Hemisphäre aber auf dieselbe Breitenzone nahe 47 Procent der in

jeder Hemisphäre überhaupt beobachteten Flecken.[1]) Ausserdem ist die Vertheilung der Flecken in der nördlichen Hemisphäre eine viel gleichförmigere, während in der südlichen die beiden Maxima bei -10^0 und -20^0 schroff hervortreten.

Es erklärt sich also auf diese Weise mit Hülfe der entwickelten Theorie ganz ungezwungen, sowohl weshalb die Beobachtungen der südlichen Hemisphäre durch die zur Berechnung angewandte Form des Rotationsgesetzes nicht ebenso gut dargestellt werden können wie die Beobachtungen der nördlichen Hemisphäre, als auch der Sinn, in welchem die übrig bleibenden Abweichungen liegen.

14.

Noch stärker aber muss, wie schon oben bemerkt wurde, dieser Einfluss um die Zeit der Fleckenmaxima hervortreten. Eine solche Beobachtungsreihe liefern uns die Beobachtungen Spörer's, welche in den Jahren 1861 bis 1864 angestellt wurden, also kurz nach einem Maximum (1860. 2) beginnen und kein Minimum (1867. 1) enthalten. Ich bemerke hierbei, dass sehr wahrscheinlich das Maximum der Rotationsverzögerung der Driftströme nicht genau mit der Zeit des Fleckenmaximums zusammenfallen, sondern, wie alle derartigen Summationswirkungen, etwas später als das Maximum der Ursache eintreten wird.

Dass die Frequenz der Flecken einen sehr merklichen Einfluss auf das Rotationsgesetz der Sonne ausübt, hebt Spörer mit folgenden Worten in seiner Abhandlung vom 30. Sept. 1866 in den Astronomischen Nachrichten hervor:

„Indem aus mancherlei Ursachen die Rotationswinkel erheblich differiren, hatte ich mich zunächst nach Abschluss des Jahres 1861 damit begnügt, das erwähnte Gesetz nur durch eine für die arithmetischen Mittel aufgestellte Tabelle und noch nicht durch eine Formel ersichtlich zu machen. Erst nach Verlauf eines Zeitraums von vier Jahren wurde

[1]) Zählt man die Flecken nach der in Tabelle I. gegebenen Uebersicht, so findet man für die nördliche Hemisphäre 719, wovon 287 auf die Zone zwischen 10—20 fallen, für die südliche 715, von denen 336 auf diese Zone fallen.

die Formel aufgestellt, wobei ich (Astr. Nachrichten No. 1542) aussprach, dass ich im Jahre 1866 auch die Resultate des fünften Jahrganges mit den früheren vereinigen wollte. Letzteres ist nun bisher nicht geschehen, und zwar deshalb nicht, weil sich eine Aenderung der Verhältnisse deutlich herausstellte, also für die Zeit verminderten Fleckenstandes eine getrennte Behandlung erforderlich ist.“

Spörer giebt a. a. O. eine empirische Formel zur Darstellung seiner Beobachtungen. Verwandelt man die dort auf Grade bezogenen Constanten in Minuten, so ist diese Formel:

$$\xi = 1011'.0 - 202.8 \sin (\varphi + 41^0 13')$$

Die folgende Tabelle, in welcher die beobachteten Werthe einer Abhandlung Spörer's in Poggendorff's Annalen Bd. 128 (1866) p. 269 entnommen sind, enthält dagegen die mittelst der früheren theoretischen Formel berechneten Werthe von ξ, nachdem die Constanten A und B nach der Methode der kleinsten Quadrate unter Ausschluss der beiden ersten Beobachtungen[1]) in unmittelbarer Nähe des Aequators bestimmt wurden. Es ergab sich: $A = 858.6$

$B = 550.9$

Tabelle VI.

Die Rotation der Sonnenoberfläche nach Spörer's Beobachtungen.

Breite	ξ beobachtet	ξ berechnet	Differenz
0° 54′	881′.4	859′.6	—22.8
1° 55′	874.2	858.4	—15.8
5° 4′	860.4	857.7	— 2.7
7° 2′	858.6	856.9	— 1.7
9° 20′	853.8	855.4	+ 1.7
11° 56′	852.0	853.5	+ 1.5
14° 7′	843.6	851.5	+ 7.9
15° 49′	837.6	850.0	+12.4
18° 23′	832.8	847.1	+14.3
21° 18′	832.2	843.5	+11.3
24° 38′	826.8	839.3	+12.5
30° 22′	823.8	832.9	+ 8.2

[1]) Mit Berücksichtigung derselben erhält man: $A = 857.4$, $B = 550.8$

Der Gang und die bedeutend grössere Stärke der Abweichungen entspricht, wie man sieht, vollkommen der Theorie. Das Maximum derselben fällt auf die Breite von 18° 23′, also ziemlich genau in die Mitte derjenigen Zone, (5°—30°), in welcher die Frequenz der Flecken ein Maximum erreicht.

Es mag jedoch hier noch eines Umstandes gedacht werden, welcher auf die Geschwindigkeit in unmittelbarer Nähe des Aequators von wesentlichem Einfluss sein muss.

Die aus Carrington's Beobachtungen abgeleitete Rotationsgeschwindigkeit des Aequators betrug 867′, war also um 14′.4 kleiner als die von Spörer beobachtete. Es erklärt sich dieser Unterschied sehr leicht, wenn man die Abhängigkeit der retardirenden Kraft der Polarströme von ihrer Geschwindigkeit berücksichtigt. Den Ausdruck dieser Kraft findet man für die Einheit der bewegten Masse aus der ursprünglichen Gleichung für dv einfach durch Division mit dt und erhält:

$$\frac{dv}{dt} = -Aav_1 \sin\varphi \cos\varphi . \frac{d\varphi}{dt}$$

Da $\frac{d\varphi}{dt}$ aber nichts anders als die meridionale Componente des Polarstroms ist, so folgt, dass die retardirende Kraft der Ströme proportional jener Geschwindigkeitscomponente ist.

Da nun die oberflächlichen Schichten, in denen die Sonnenflecken schwimmen, von unten stets der beschleunigenden Wirkung der schneller rotirenden tiefern Schichten unterworfen sind, so ist klar, dass eine Abnahme in der Geschwindigkeit der Polarströme eine Zunahme der Rotationsgeschwindigkeit der Sonnenflecken zur Folge haben muss.

Am Aequator, wo ihrer Natur nach die horizontale Bewegung der Ströme sich in eine vertical aufsteigende verwandelt, verschwindet demgemäss die retardirende Wirkung an der Oberfläche der Flüssigkeit und es bleibt nur die beschleunigende Wirkung der tieferen Schichten und möglicherweise noch die seitlich retardirende der benachbarten Zonen übrig. Da jedoch die Dicke der in Betracht kommenden Schicht zur Breite der Aequatorialzone, in welcher sich die aufsteigenden Ströme entwickeln, im Allgemeinen eine geringe

sein wird, so muss für die Aequatorialzone eine grössere Geschwindigkeit der Rotation stattfinden, als aus dem theoretischen Rotationsgesetz resultirt.

Zur Zeit eines Fleckenmaximums werden aber die Polarströme vermöge des grösseren Reibungswiderstandes an der Oberfläche der Sonnenflecken beträchtlich verzögert und gelangen daher mit weit geringerer Geschwindigkeit nach den Aequatorialgegenden als zur Zeit eines Fleckenminimums. Daher muss während der Maxima der Fleckenperiode die beschleunigende Wirkung der tieferen Schichten an der Sonnenoberfläche bedeutend stärker als zur Zeit der Minima sein, und demgemäss die beobachtete Rotationsgeschwindigkeit am Aequator zur Zeit der Maxima weit stärker als zur Zeit der Minima im Sinne einer grösseren Rotationsgeschwindigkeit ausfallen, ganz wie dies die Beobachtungen von Spörer zeigen.

Dass übrigens der erwähnte Einfluss auch bei den Carrington'schen Beobachtungen, wenn auch in weit geringerem Maasse hervortritt, zeigen die relativ starken Abweichungen am Aequator, in demselben Sinne wie bei den Spörer'schen Beobachtungen.

Hiermit wäre die Abweichung der von beiden Beobachtern erhaltenen Resultate als eine nothwendige Consequenz der entwickelten Theorie erklärt, auch ohne den Einfluss der von Faye eingeführten Tiefenparallaxe der Flecken zur Hülfe zu nehmen.

15.

Es soll jetzt das oben erwähnte Glied $C.f(\varphi)$ näher bestimmt werden, um eine auch für die Zeit der Fleckenmaxima gültige Formel zu erhalten.

Die Beschaffenheit der Function $f(\varphi)$ muss nach dem Früheren von der heliographischen Vertheilung der Sonnenflecken abhängen und kann daher nur einer empirischen Bestimmung fähig sein.

Wie verschieden aber auch diese Beschaffenheit in einzelnen Fällen sein mag, sie muss doch stets der Bedingung genügen, dass die Function für einen innerhalb der Zone von 5^0 bis 30^0 liegenden Werth α ein Maximum erreicht. Je

kleiner nun der Factor C ist und je geringer demgemäss der betrachtete Einfluss der Fleckenvertheilung auf die ursprüngliche Form des Rotationsgesetzes ist, desto weniger wird es hierbei auf die besondere Gestalt des Gesetzes, nach welchem die Function für den Werth $\varphi = \alpha$ ihr Maximum erreicht, ankommen, so dass alsdann durch eine jede Function, welche nur der erwähnten allgemeinen Bedingung Genüge leistet, eine bessere Darstellung der Rotation der Sonnenoberfläche zur Zeit eines Fleckenmaximums erreicht wird, als dies durch die einfachere Grundform des Rotationsgesetzes möglich ist.

Diese Betrachtungen veranlassten mich, für $f(\varphi)$ eine Kreisfunction anzunehmen und einfach zu setzen:

$$f(\varphi) = \cos(\varphi - \alpha)$$

worin α die erwähnte Bedeutung hat. Der Ausdruck für das Rotationsgesetz zur Zeit des Fleckenmaximums nähme alsdann folgende Gestalt an:

$$\xi = \frac{A - B\sin^2\varphi}{\cos\varphi} - C\cos(\varphi - \alpha)$$

oder durch weitere Entwickelung:

$$\xi = \frac{[A - C\cos\alpha] - [B - C\cos\alpha]\sin^2\varphi}{\cos\varphi} - C\sin\alpha \,.\, \sin\varphi.$$

Setzt man hierin die Constanten:

$$A - C\cos\alpha = A'$$
$$B - C\cos\alpha = B'$$
$$C\sin\alpha = C'$$

so erhält man:

$$\xi = \frac{A' - B'\sin^2\varphi}{\cos\varphi} - C'\sin\varphi \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

Bestimmt man aus den Beobachtungen Spörer's, mit Ausschluss der beiden ersten in unmittelbarer Nähe des Aequators, die wahrscheinlichsten Werthe der drei Constanten, so findet man:

$$A' = 877.07$$
$$B' = 387.07$$
$$C' = 154.39$$

In der folgenden Uebersicht sind die mit Anwendung dieser Constanten noch übrig bleibenden Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung mit den Unterschieden der em-

pirischen Formel von Spörer zusammengestellt. Die Abweichungen der Spörer'schen Formel sind unter *S.*, die der meinigen unter *Z.* aufgeführt. Alle Werthe sind auf Minuten reducirt.

Tabelle VII.

φ	ξ beobachtet	*S.*		*Z.*	
		Fehler	Quadrate	Fehler	Quadrate
0° 54′	881.4	—6.7	44.9	—6.9	47.6
1° 55′	874.2	—2.1	4.4	—2.3	5.3
5° 4′	860.4	+3.6	13.0	+3.2	10.2
7° 2′	858.6	+0.9	0.8	+0.4	0.2
9° 20′	853.8	+0.6	0.4	—0.1	0.0
11° 56′	851.9	—3.4	11.6	—4.2	17.6
14° 7′	843.6	+0.4	0.2	—0.5	0.3
15° 49′	837.6	+3.5	12.2	+2.1	4.4
18° 23′	832.8	+2.9	8.4	+2.0	4.0
21° 18′	832.2	—1.5	2.2	—1.6	2.6
24° 38′	826.8	—1.3	1,7	—0.4	0.2
30° 22′	823.8	—5.5	30.2	0.0	0.0
		Summe = 130.1		Summe = 92.4	

Wie man sieht, lassen sich alle Beobachtungen Spörer's durch die oben theoretisch abgeleitete Formel weit besser als durch die von Spörer gegebene empirische Formel darstellen. Schliesst man aber die Beobachtung in unmittelbarer Nähe des Aequators aus, so reducirt sich die Summe der Fehlerquadrate für die Spörer'sche Formel auf 85.2, für die meinige auf 44.8, also fast auf die Hälfte des Spörer'schen Werthes.

Es hat sich demnach auch für die Spörer'schen Beobachtungen in der Nähe eines Fleckenmaximums die entwickelte Theorie des Rotationsgesetzes vollständig bewährt, und man wird in Zukunft die obige Formel ganz allgemein als den modificirten Ausdruck jenes Gesetzes zur Zeit der Fleckenmaxima zu betrachten haben.

16.

Es sind jedoch die bisher betrachteten Bewegungen der Sonnenflecken nicht die einzigen, denen ein starrer, in der

glühenden Flüssigkeit schwimmender Körper innerhalb der Driftströmungen unterworfen ist.

Denken wir uns z. B. eine feste Kugel von geringerem Durchmesser als die Dicke der bewegten Schicht und von nur wenig geringerem specifischen Gewicht als die Flüssigkeit, in welcher sie schwimmt. Da die unteren Theile der Kugel in tiefere Schichten der Flüssigkeit hinabreichen, und diese Schichten nach dem Früheren eine grössere Geschwindigkeit im Sinne der Rotation besitzen als die oberen, so wird ein Drehungsmoment erzeugt, vermöge dessen die Kugel um eine horizontale, in der Meridianebene liegende, Axe in Rotation versetzt wird, deren Richtung der Rotation der grossen Kugel entgegengesetzt ist.

Ein zweites Drehungsmoment wird aber noch um die normal zur flüssigen Oberfläche stehende Axe der Kugel erzeugt, da die vom Aequator entfernteren Theile der Kugel, zufolge der Rotationsverschiedenheit der Breitenzonen, einen geringeren Bewegungsantrieb als die dem Aequator näheren Theile erleiden. Die Richtung der hierdurch erzeugten Rotation muss in beiden Hemisphären eine entgegengesetzte sein, indem für einen auf dem Pole stehenden Beobachter die Rotation der schwimmenden Kugel um ihre normale Axe stets im Sinne der Rotation der grossen Kugel erfolgt.

Da für einen Beobachter auf der nördlichen Hemisphäre der Erde die Rotation auf der Sonnenscheibe von links nach rechts, also bei der Culmination vom Ostrande nach dem Westrande erfolgt, so muss der Sinn der betrachteten Rotationsbewegung für einen Körper auf der südlichen Hemisphäre von links nach rechts — also im Sinne eines Uhrzeigers — auf der nördlichen Hemisphäre im entgegengesetzten Sinne erfolgen.

Vergleicht man die Geschwindigkeit der beiden Rotationsbewegungen der schwimmenden Kugel, so wird diejenige um die horizontale Axe eine beträchtlich viel grössere als diejenige um die verticale Axe sein müssen, da die Aenderungen der Geschwindigkeit der strömenden Schichten nach der Tiefe bei Weitem schneller wachsen müssen als nach der Breite. Es folgt daraus unmittelbar aus der oben begründeten Annahme einer relativ sehr geringen Tiefe der Driftströme und den

Ausdrücken für die linearen Geschwindigkeiten an der Oberfläche und auf dem Grunde dieser Ströme.

Indessen wird dieses Verhältniss ein anderes, sobald man an Stelle der schwimmenden Kugel einen platten Körper, also einen solchen von geringeren verticalen als horizontalen Dimensionen voraussetzt. Das erwähnte Drehungsmoment wird in diesem Falle nur dann eine Rotation um die horizontale Axe zu erzeugen im Stande sein, wenn es stark genug ist, um den Gegendruck zu überwinden, welcher bei einem so gestalteten Körper durch das theilweise Heraustreten der vorangehenden Theile aus der Flüssigkeit, d. h. durch Ablenkung seines Schwerpunctes aus der Normalen erzeugt wird. Ist die Grösse des Drehungsmomentes hierzu nicht ausreichend, so wird sich seine Wirkung auf eine permanente Lagenveränderung des schwimmenden Körpers reduciren, die darin besteht, dass der in der Bewegung vorangehende Theil gehoben, der nachgehende gesenkt wird, so dass der hierdurch erzeugte Gegendruck dem Drehungsmomente stets das Gleichgewicht hält. Die Oberfläche solcher Körper wird demgemäss nicht eine horizontale, sondern eine etwas schräge, im Sinne der Rotation aufsteigende Lage erhalten. Die Grösse des hierdurch erzeugten Neigungswinkels hängt einerseits von dem Verhältniss der Dicke zur Oberfläche der schwimmenden Körper, andererseits von der Tiefe des Eintauchens und der in verschiedenen Tiefen herrschenden Geschwindigkeitsdifferenz der strömenden Schichten ab. Aendern sich diese Verhältnisse bei demselben Körper, so müssen dieselben sowohl von Aenderungen der rotatorischen als auch translatorischen Bewegungen begleitet sein. So müsste z. B. eine schnelle Zunahme der Tiefe des Eintauchens auch mit einer schnellen Vergrösserung der Bewegung im Sinne der Rotation verbunden sein, da in diesem Falle die tieferen, schneller rotirenden Schichten einen grösseren Einfluss auf die Fortbewegung der schwimmenden Masse gewinnen würden. Würde der Körper durch eine plötzliche Veränderung seines Gleichgewichtes untergetaucht, so müsste er an einer anderen Stelle wieder emporsteigen, welche der ursprünglichen im Sinne der Rotation voraus liegt.

17.

Alle diese Betrachtungen sind unmittelbar auf die Sonnenflecke anwendbar, sobald man dieselben als starre, auf der flüssigen Sonnenoberfläche schwimmende Körper betrachtet. Ist dies der Fall, so müssen sich die oben abgeleiteten Bewegungen auch bei den Sonnenflecken wiederfinden. Diese Folgerung wird durch die Beobachtungen in überraschender Weise bestätigt.

Carrington bespricht am Schlusse seines Werkes p. 245 die Tendenz der Flecke zu divergiren, eine Erscheinung, die nach meiner Theorie durch die an den Küsten der Schlackeninseln erzeugten heftigen Winde, welche in ihrem unteren Theile, also an der Oberfläche der Inseln, analog den Landwinden an den Küsten des Meeres centrifugale Richtung haben müssen, ihre einfache Erklärung findet.

Carrington erklärt diese Erscheinung in folgender Weise:

„It appears to me only explicable by the tendency of spots to break out two and two or to subdivide, coupled with a gyratory motion of their parts, which for every spot in the same hemisphere will take place in the direction of rotation around the pole of that hemisphere, or what is called right-handed in the South and lefthanded in the North Hemisphere. The outer portions of two contiguous spots will therefore have opposed motions producing mutual centrifugal pressure.“

Beispiele von Rotation der Flecken sind von verschiedenen Beobachtern angeführt worden, obschon ich nicht weiss, in wie weit die Richtung dieser Rotation im Durchschnitt mit der oben angegebenen übereinstimmt.

Die von Carrington erwähnte Tendenz der Flecke zu zerbrechen und sich zu theilen, würde sich durch den oben erwähnten Druck erklären, welcher durch das Drehungsmoment um die horizontale Axe erzeugt wird. Dieser Druck kann nur vermöge der Cohäsion der Schlackenmasse bestehen, und muss daher, bei hinreichender Stärke, die Cohäsion überwinden und hierdurch ein Zerbrechen der Masse herbeiführen.

Dieses Zerbrechen wie überhaupt alle plötzlichen Gestaltsveränderungen der Flecken müssen nothwendig mit Verände-

rungen in der Tiefe des Eintauchens der einzelnen Schlackenstücke verbunden sein, und hierdurch, bei der Verschiedenheit der Geschwindigkeit der einzelnen Schichten der Flüssigkeit, grosse und plötzlich eintretende Bewegungsdifferenzen der Fleckenstücke erzeugen. Man kann ganz allgemein behaupten, dass zu denjenigen Zeiten, in welchen starke Veränderungen in der Tiefe des Eintauchens der Flecken eintreten, auch starke Aenderungen in der Bewegung derselben eintreten müssen. Solche Aenderungen werden aber, wie leicht ersichtlich, am stärksten in der Phase der Entwickelung und Auflösung der Flecken vorhanden sein. Im ersten Falle nimmt die Dicke der sich bildenden Schlacke zu, im zweiten wieder ab, und nur zwischen beiden Phasen wird ein Zustand von relativ constanter Dicke und demgemäss auch von constanter Tiefe des Eintauchens vorausgesetzt werden können.

In der oben citirten Abhandlung[1]) bemerkt Spörer bezüglich der Gültigkeit des Rotationsgesetzes Folgendes:

„Die Formel gilt nicht für die erste Phase in der Entwickelung der Gruppen, indem alsdann sehr beträchtliche, verschiedene und einander entgegengesetzte Bewegungen beobachtet werden. Nachdem meist der östliche Theil der Gruppe verschwunden ist, verbleibt im westlichen Theile ein Hauptkern und dieser zeigt annähernd die nach der Tabelle seiner heliographischen Breite entsprechende Bewegung."

Die Bezeichnungen „östlich" und „westlich" sind hier geocentrisch bezüglich des Sonnenrandes zu verstehen. Ersteres bezeichnet also den nachfolgenden, letzteres den im Sinne der Rotation vorausgehenden Rand des Fleckes. Auch für das erwähnte frühere Verschwinden des nachfolgenden Randes giebt die entwickelte Theorie eine Erklärung. Berücksichtigt man nämlich einerseits die durch das Drehungsmoment bewirkte schräge Stellung der Oberfläche eines Fleckes (nach der vorangehenden Seite aufsteigend), andererseits die Bewegung der Flecken innerhalb der Driftströme im entgegengesetzten Sinne derselben, so wird auf der nachfolgenden Seite des Fleckes stets ein grösserer Theil von der glühenden

[1]) Pogg. Ann. Bd. 128. p. 270.

Flüssigkeit umspült und daher schneller aufgelöst als auf der vorausgehenden, wo der Fleck, vermöge des Drehungsmomentes mehr aus der Flüssigkeit hervorragt.

Es wurde oben theoretisch für die ganze Sonnenoberfläche die Existenz von östlichen (heliocentrisch) Winden abgeleitet. Hieraus erklärt sich die von den englischen Beobachtern und auch von Spörer hervorgehobene Thatsache, dass sich die sogenannten Fackeln in der Nähe der Flecken in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle auf der nachfolgenden Seite der Flecken befinden.

Diese Fackeln sind nach meiner Theorie der Sonnenflecken nichts anderes als Theile der Sonnenatmosphäre, welche durch die an der Grenze der Flecken aufsteigenden Luftströme aus der Tiefe emporgerissen werden und daher auch wirkliche Erhebungen der glühenden Atmosphäre über ihr gewöhnliches Niveau erzeugen. Die grössere Helligkeit dieser Gebilde ist wesentlich durch drei Umstände bedingt, nämlich erstens durch die höhere Temperatur der tieferen Schichten der Atmosphäre, zweitens durch die grössere Dicke der strahlenden Schicht, auf welche wir blicken, und drittens durch die Verminderung der Dicke derjenigen kälteren Schichten der Sonnenatmosphäre, welche vorzugsweise eine absorbirende Wirkung auf die Lichtemission des Sonnenkernes ausüben.

18.

Es wurde oben bei Erörterung der Wirkungen des Drehungsmomentes um die horizontale Axe der Einfluss hervorgehoben, welchen hierbei das Verhältniss der Dimensionen der schwimmenden Körper in horizontaler und verticaler Ausdehnung ausübt. Je mehr sich dieses Verhältniss der Einheit nähert, desto leichter wird das Drehungsmoment eine wirkliche Drehung an Stelle der schiefen Stellung des Körpers hervorbringen können. Untersucht man die Aenderungen dieses Verhältnisses bei einem Sonnenflecke in den verschiedenen Stadien seiner Entwickelung, so ist offenbar im Beginn der Entwickelung, die Dicke der Schlackenschicht im Verhältniss zu ihrer Ausdehnung eine sehr geringe. Die Dicke wächst jedoch im Laufe der weiteren Entwickelung und wird namentlich durch das oben erwähnte Abschmelzen auf der nachfolgenden Seite des

Fleckes im Verhältniss zu den horizontalen Dimensionen desselben bis zu seinem Verschwinden stetig wachsen. Gewinnt nun hierbei das Drehungsmoment das Uebergewicht über den durch die schräge Stellung erzeugten Druck, so wird der ganze Fleck eine Wälzung erleiden, ähnlich wie man dies an schwimmenden Körpern beobachtet, die in einem schnell fliessenden Strome mit verschiedenen Theilen ihrer Oberfläche auch die tieferen, hier aber langsamer fliessenden Schichten berühren.

Wie man sieht, wird ein solches Phänomen nur in der letzten Entwickelungsphase eines Sonnenfleckes wahrscheinlich sein. Derselbe wird hierbei untertauchen, von den tieferen Schichten fortgeführt werden und an einer im Sinne der Rotation entfernteren andern Stelle wieder emportauchen müssen.

Solche Erscheinungen werden nun in der That öfter beobachtet. Carrington führt auf p. 246 seines Werkes unter der Ueberschrift „*On recurrence in the same neighbourhood*“ etwa zwanzig Fälle auf, in denen ein solches Wiedererscheinen verschwundener Flecke beobachtet wurde.

Secchi[1]) stellt sogar ganz bestimmt den folgenden Satz auf:

„*Les grandes taches, après s'être dissoutes, reparaissent souvent à une petite distance de leur position primitive, mais toujours vers la partie antérieure. Ainsi, la tache no 43, après avoir disparu, se reproduisit une trentaine de degrés plus loin, sous la même latitude.*“

Ebenso ist der folgende Satz (ibid. p. 93) bezüglich der vorher betrachteten Erscheinungen bemerkenswerth:

„*Toutes les fois qu'une tache se divise, ou qu'elle subit un changement considérable dans sa forme, on observe toujours un mouvement brusque, une espèce de saut qui se fait invariablement vers la partie antérieure, c'est-à-dire dans le sens où croissent les longitudes.*“

Die vorstehend behandelten Veränderungen der Sonnenflecken sind die hauptsächlichsten der bis jetzt bekannten allgemeinen Erscheinungen und konnten daher auch nur solche Ursachen haben, welche in der allgemeinen physischen Beschaffenheit des Sonnenkörpers begründet sind.

[1]) *Le Soleil p. 94.*

19.

Eine wesentliche und durchaus nothwendige Voraussetzung bei der Theorie dieser Bewegungsphänomene ist, wie man sieht, der feste Aggregatzustand der Sonnenflecken. Wären dieselben wolkenartige, in der Sonnenatmosphäre schwimmende Massen, welche an den Bewegungen der Atmosphäre, nach Analogie der irdischen Wolken, Theil nähmen, so müssten dieselben, mit Rücksicht auf das Rotationsgesetz, schon im Verlaufe weniger Tage Veränderungen erleiden, deren allgemeine Beschaffenheit sich leicht angeben lässt.

Im Durchschnitt beträgt nach den Beobachtungen Carrington's der Unterschied der täglichen Rotationsgeschwindigkeiten zweier Puncte der Sonnenoberfläche, deren heliographische Breiten um 1° verschieden sind, etwa 1°.6.[1]) Nach Verlauf von n Tagen müssten sich diese beiden Punote offenbar um 1.6 n Grade von einander entfernt haben und das ursprüngliche Wolkengebilde von 1° Durchmesser würde zu einem Streifen von 1.6 n Grade ausgedehnt worden sein, welcher mit zunehmender Entfernung der beiden Puncte immer mehr eine dem Aequator parallele Richtung annähme.

Die Breite des Streifens wäre in der Mitte am grössten und nähme nach beiden Seiten bis zum Verschwinden ab. Gesetzt also, wir beobachteten das Entstehen eines nach allen Richtungen ziemlich gleich entwickelten Fleckes von 1° Durch-

[1]) Das in diesem §. angeführte Argument für den festen Aggregatzustand der Sonnenflecken ist deshalb vermindert, weil bei den folgenden Beobachtungen von mir aus Versehen der Unterschied der Rotationsgeschwindigkeiten zweier Puncte der Sonnenoberfläche, deren heliographische Breite um 1° verschieden ist, im Durchschnitt nicht 1.6 Grad (wie irrthümlich von mir angegeben), sondern 1.6 Minuten beträgt. Dieser Irrthum ist bereits von mir in meiner zweiten Abhandlung über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne (Sitzungsberichte v. 21. Febr. 1872. S. 182) berichtigt worden. Ich habe trotzdem den obigen §. 19 unverändert abdrucken lassen, weil die darin angestellten Betrachtungen einerseits zur Erklärung für den Ursprung der atmosphärischen Streifenbildung auf den grossen Planeten dienen können, andererseits die Veranlassung zu einer belehrenden wissenschaftlichen Controverse mit Herrn Dr. Reye, Professor der synthetischen Geometrie an der Universität Strassburg, geführt haben. (Vgl. den unten folgenden Abdruck aus Poggendorff's Annalen).

messer und verfolgten diesen Fleck nur während der Zeit einer halben Rotationsdauer der Sonne, also etwa 12.5 Tage, so müsste sich dieser Fleck, — falls er aus einer in der Sonnenatmosphäre schwimmenden Wolke bestände, — in einen Streifen von 20° Länge verwandelt haben. Bei grösseren Flecken muss diese Veränderung natürlich eine verhältnissmässig viel stärkere sein und ein Fleck von z. B. 3° Durchmesser würde nach nur einmaliger Rotation bei seiner Wiederkehr einen Streifen von 120° Länge bilden, sich also fast über den ganzen uns zugewendeten Theil des betreffenden Parallelkreises ausgedehnt haben. Derartige Erscheinungen werden aber bei den Sonnenflecken, bis auf die nun leicht erklärliche Tendenz der Gruppen sich den Breitenkreisen parallel zu stellen, nicht beobachtet, trotzdem ihre Dimensionen die oben angenommenen oft weit übertreffen. Ich betrachte daher die Abwesenheit dieser Streifenbildung auf der Sonne als einen der schlagendsten Beweise gegen die wolkenartige Natur der Sonnenflecken.

20.

Diese Betrachtungen führen nun unmittelbar auf die Frage, ob nicht die merkwürdigen und so charakteristischen Streifen, welche wir auf den Oberflächen der beiden grössten Planeten unseres Systems, des Jupiter und Saturn beobachten, den soeben entwickelten Verhältnissen ihre Entstehung verdanken. Als wesentliche Bedingung zu dieser Entstehung müsste für die Atmosphären beider Planeten ein dem Rotationsgesetz der Sonne analoges Gesetz angenommen werden, also eine Verschiedenheit der Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Breitenzonen.

Bereits vor 6 Jahren habe ich in meinen „photometrischen Untersuchungen“ p. 303 ff. die Gründe entwickelt, welche zur Annahme einer relativ noch sehr hohen Temperatur der Oberflächen beider Planeten nöthigen. Der wesentlichste dieser Gründe war die durch Beobachtungen erwiesene starke Veränderlichkeit der Gebilde an den Oberflächen jener Planeten. Sind diese Gebilde atmosphärischer Natur und ihre Bewegungen durch Gleichgewichtsstörungen in Folge von Temperaturdiffe-

renzen, wie in der irdischen Atmosphäre, erzeugt, so können diese Temperaturunterschiede nicht durch Insolation hervorgerufen sein, da die Intensität der Wärmestrahlung der Sonne auf dem Jupiter nur $^1/_{25}$, auf dem Saturn aber nur $^1/_{100}$ von derjenigen auf der Erde beträgt. Folglich muss die Quelle der auf den Oberflächen Jupiters und Saturns beobachteten gewaltigen Bewegungen, die meistens unsere heftigsten Stürme weit übertreffen, in einer sehr hohen eigenen Temperatur dieser Planeten gesucht werden.

In meiner letzten Abhandlung „über die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken“[1]) habe ich die Entwickelung der Polarströmungen in den flüssigen Umhüllungen einer Kugel lediglich als die Folge zweier Ursachen, der Rotation und der höheren Temperatur der Kugel, mechanisch zu begründen versucht. Bei dieser Begründung hatte ich die gleichmässig erwärmte Kugel zunächst als ruhend vorausgesetzt und gezeigt, wie durch den Beginn der Rotation das labile Gleichgewicht der übereinander liegenden Flüssigkeitsschichten gestört und eine Circulation im Sinne eines Emporsteigens der erwärmten Massen am Aequator erzeugt werden muss. Man könnte indessen vielleicht die Beweiskraft dieser Betrachtungsweise deswegen beanstanden, weil in der Natur die beiden Ursachen nicht in der angedeuteten Weise getrennt, sondern von Anfang an gleichzeitig aufgetreten sind. Berücksichtigt man indessen, dass die angulare Rotationsgeschwindigkeit eines sich abkühlenden und in Folge dessen sich contrahirenden Weltkörpers stets wachsen muss, so würde hierdurch in der That die in der erwähnten Betrachtung angenommene Reihenfolge der wirkenden Ursachen motivirt sein. So geringfügig auch diese Veränderungen sein mögen, bei der Störung des labilen Gleichgewichtes ist zur Erzeugung jener Circulation nur die Richtung nicht die Stärke wesentlich, in welcher diese Störung erfolgt.

Man sieht also, dass nur die Annahme einer noch hinreichend hohen Temperatur an der Oberfläche der beiden Planeten erforderlich ist, um für sie ganz in derselben Weise

[1]) Sitzung d. kön. sächs. Ges. d. W. am 12. December 1870, p. 347.

wie für die Sonne ein analoges Rotationsgesetz ihrer Atmosphäre zu begründen.

21.

Es ist mir nun in der That gelungen, für die Oberfläche Jupiters direct die Existenz des erwähnten Rotationsgesetzes durch ältere und neuere Beobachtungen unwiderleglich zu beweisen und hierbei gleichzeitig die Richtigkeit der oben entwickelten Theorie der Streifenbildung über jeden Zweifel zu erheben.

Von älteren Beobachtern haben sich Cassini und Schröter am sorgfältigsten mit den Erscheinungen auf der Oberfläche des Jupiter beschäftigt.

Ersterer theilt nun in einer Abhandlung[1]) vom 31. Januar 1692, welche betitelt ist: „*Nouvelles découvertes de diverses périodes de mouvement dans la Planete de Jupiter, depuis le mois de Janvier 1691 jusqu'au commencement de l'année 1692*“ folgende Beobachtungen mit, welche sowohl die allmälige Umbildung von ursprünglich nach allen Richtungen gleich ausgedehnten Flecken in Streifen beweisen, als auch direct die schnellere Rotation von Flecken in der Nähe des Aequators bestätigen.

Auf p. 8 der erwähnten Abhandlung werden diese beiden Erscheinungen mit folgenden Worten beschrieben:

„*Il (Cassini) a remarqué que certaines taches qui au commencement étaient rondes, se sont peu à peu allongées suivant la direction des bandes. Il en observa quatre de cette nature depuis le mois de Février de l'année dernière jusqu'à ce que Jupiter fût trop proche du Soleil pour les pouvoir distinguer.*“

Einige Zeilen weiter heisst es:

„*Et généralement toutes les taches qui passent plus près du centre apparent de Jupiter, ont un mouvement plus vîte que celles qui en passent plus loin.*“

In einer späteren Abhandlung[2]) wird dieselbe Erscheinung von zwei andern Flecken beschrieben, indem es heisst:

[1]) *Mémoires de Math. et Phys. de l'année 1692, p. 1—9.*

[2]) *Mém. de l'Acad. Fr. de l'année 1699, p. 106.*

„La révolution de ces deux taches est égale à celle de quelques autres taches qui avaient paru au mois de Décembre 1690 et au mois de Janvier 1691 que nous trouvâmes de 9h 51', plus courte de cinq minutes, que celle que nous avions observée l'an 1665, qui était plus éloignée du centre de Jupiter, ce qui confirme que nous avions remarqué dans les Mémoires du 31. Janvier 1692, que les taches qui passent plus proches du centre apparent de Jupiter, ont un mouvement plus vite que celles qui en sont plus éloignées.“

Ebenso bemerkt Schröter bei der Discussion der Bewegung eines Fleckes:[1])

> „Dass hingegen in einer grösseren Entfernung vom Aequator eine grössere Geschwindigkeit in der Bewegung entdeckt worden, widerleget die Allgemeinheit desjenigen, was sowohl aus den Cassini'schen Beobachtungen als den meinigen dahin wahrscheinlich wurde, dass die Flecken, welche näher bei dem Aequator befindlich, eine geschwindere Bewegung zeigten.“

Indessen habe ich auf p. 121 derselben Schrift noch ein anderes allgemeines Resultat gefunden, welches von Schröter mit folgenden Worten ausgesprochen wird:

> „Alle von mir beobachteten Flecken zeigten gewöhnlich eine in Ansehung der Rotationsperiode beschleunigte Bewegung von Ost nach West und folglich nach der Richtung des Rotationsschwunges.“

Diese Thatsache würde unter Voraussetzung einer schnelleren Rotation für die dem Aequator näheren Zonen die nothwendige Folge einer Bewegung der Flecken von den Polen nach dem Aequator sein, und folglich auch durch directe Beobachtung die Existenz der theoretisch geforderten Polarströme beweisen.

Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, dass diese Erscheinungen nur an solchen Flecken beobachtet werden können, welche entweder wolkenartige Gebilde, oder unabhängige Lücken in der die Oberfläche einhüllenden Wolkendecke sind.

[1]) Schröter, Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen, herausgegeben von Bode, Berlin 1788, p. 91.

Werden jedoch solche Lücken in der Wolkenhülle z. B. durch das Aufsteigen heisser, aus vulkanischen Oeffnungen dringender Luftmassen erzeugt, so müssen derartige Flecke eine constante Lage auf der Jupiteroberfläche zeigen, vorausgesetzt, dass diese selber nicht eine flüssige sei.

22.

Am anschaulichsten wird aber sowohl die Theorie der Streifenbildung als auch die schnellere Rotation der dem Aequator näher liegenden Zonen durch die auf beistehender Tafel I. gegebenen Abbildungen des Jupiter im Jahre 1860 erläutert, welche getreue Copien zweier, in den *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Vol. XX. p. 268* enthaltenen Tafeln sind.

Die in den Figuren 1, 2 und 3 dargestellten Erscheinungen, welche in einem Briefe von Mr. Long an einen der Secretäre der R. A. S. beschrieben sind, wurden an dem oben erwähnten Orte mit Erlaubniss der Herren Long und Baxendell aus den *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester* reproducirt. Figur 4 ist einer Abbildung entnommen, welche Capitain Jacob's Notiz über Mr. Fletcher's neues Aequatorial begleitete, und Figur 5 von einer nachträglich mitgetheilten Zeichnung des Mr. Baxendell. Letzterer giebt zu allen 5 Figuren folgende Erläuterungen:[1])

„*With reference to these sketches, I may remark that since Mr. Long first observed the oblique streak on the 29th February, it has gradually extended itself in a preceding direction, or in the direction of the planet's rotation, at an average rate of 3640 miles per day, or 151 miles per hour; the two extremities of the belt remaining constantly on the same parallels of latitude. The belt has also gradually become darker and broader, some portions, however, being generally much darker than others. On the 14th of March I observed Jupiter with Mr. Worthington's 13—inch reflector, power 301, and notices a faint, curved, dark mark, extending across the bright equatoreal belt*

[1]) *Monthly Notices Vol. XX. p. 243ff.*

from the upper end of the oblique belt to the small dark spot shown in the preceding part of the large belt in my sketch of March 5th."

„*On March 21 st. the spot at the lower end af the belt had increased considerably in size and depth of shade, and appeared to consist of two spots in contact. The sketch of April 9 shows the belt, now considerably lengthened, extending completely across the planet's disc.*"

Auch von dem königlichen Astronomen in Greenwich wurde eine Entwickelungsphase des schrägen Streifens beobachtet, welche zwischen dem 12. März und 9. April liegt. Airy bemerkt nämlich an derselben Stelle p. 245 Folgendes:

„*On viewing Jupiter with the S. E. equatoreal of the Royal Observatory, Greenwich, on 1860, March 26, about 9h 30m, the following appearances were remarked:*

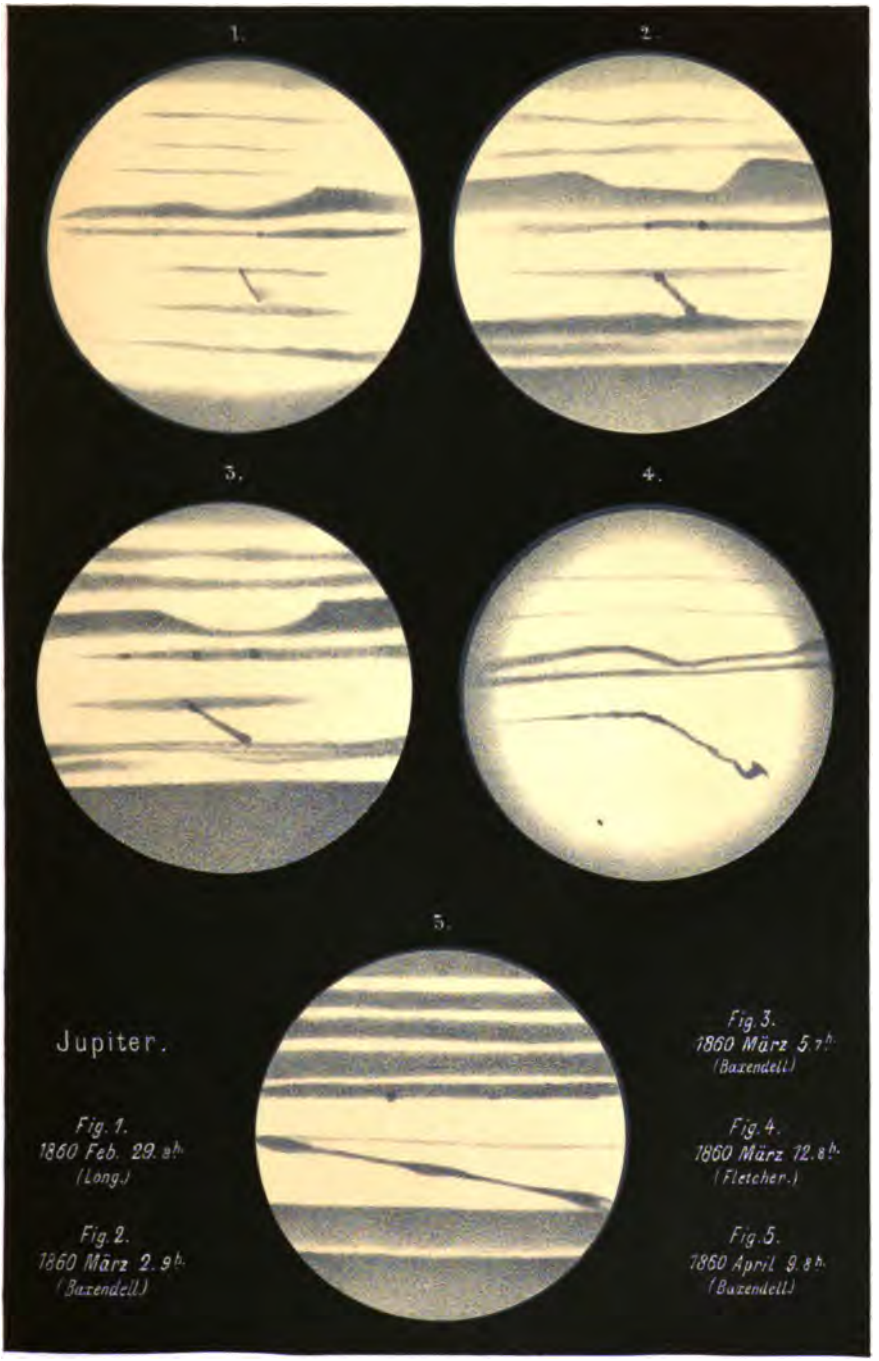
. . . . . 3. *In the region above the equator there was a double belt inclined perhaps 15° to the equator and to the belt which I have just described. Its right-hand or eastern end was nearly on the equator, but its left-hand or west end was considerably above it or south of the equator. The left-hand ends were broader than the right-hand ends. The outlines irregular.*"

In den ersten drei Figuren bemerkt man auch eine Anzahl feinerer Streifen, welche sehr deutlich das oben theoretisch gefolgerte Maximum der Dicke in der Mitte zeigen.

In Bezug auf die Natur der grauen Streifen hatte ich schon in meinen „photometrischen Untersuchungen" p. 304 behauptet, dieselben könnten nicht Wolken aus Wasserdampf sein, „weil diese sich bei einem von aussen betrachteten Planeten als weisse Stellen von dem dunkleren Grunde der allgemeinen Oberfläche abheben müssten. Eine Wolke aus Wasserdampf erscheint nur grau im durchgehenden, nicht im reflectirten Lichte." Ich glaube nun, dass die in den drei ersten Figuren dargestellten Erscheinungen als eine Stütze dieser Behauptung betrachtet werden können.

Wäre nämlich der kleine, von links oben nach rechts unten gerichtete, schräge Streifen ein dunkles Wolkengebilde, also z. B. eine Wolke dunkler, vulkanischer Asche, deren fein-

Aus d. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Vol. XX. p. 268.



Zöllner, Wissenschaftliche Abhandlungen. (zu Seite 159.)

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

zertheilte Masse in der Atmosphäre schwimmend gedacht wird, so müsste dieser Streifen bei weiterer Entfernung seiner Endpuncte immer dünner und feiner werden, da sich dieselbe Masse der dunklen Substanz auf einem grösseren Raume ausdehnt.

Nach den Beobachtungen und den mitgetheilten ausdrücklichen Bemerkungen findet aber gerade das Gegentheil statt: der Streifen wird breiter und dunkler.

Beachtet man nun, dass gleichzeitig auch alle übrigen dunklen Theile der Jupitersfläche sich vom 29. Februar bis zum 5. März mehr und mehr verdunkeln, so würden sich alle diese Erscheinungen sehr einfach erklären lassen, wenn man den kleinen Streifen für einen Riss in der Wolkendecke annähme, in welcher während der angegebenen Zeit ein fortschreitender Auflösungsprocess vorginge. Ein solcher Process macht seine Wirkung zunächst an den Grenzen von Wolkengebilden geltend und erzeugt so naturgemäss zunächst eine Erweiterung vorhandener Lücken.

Ist man aber bereit, den vorstehend angeführten Thatsachen eine genügende Beweiskraft für die Richtigkeit der entwickelten Theorie der Streifenbildung zuzuerkennen, so muss man auch umgekehrt aus dem Vorhandensein solcher Streifen an der Oberfläche eines Planeten auf die Existenz der sie erzeugenden Ursachen schliessen. Folglich muss auch Saturn dem allgemeinen Rotationsgesetze der Sonne unterworfen sein und demgemäss noch eine hinreichend hohe Temperatur besitzen, um in Verbindung mit seiner Rotation die erforderlichen Polarströmungen in der ihn umgebenden Atmosphäre zu erzeugen.

23.

Durch die Ergebnisse vorliegender Abhandlung glaube ich die bisher von mir über die physische Beschaffenheit der Sonne nur vereinzelt und aphoristisch entwickelten Ansichten in einer so befriedigenden Weise bestätigt zu haben, dass dieselben aus dem Bereiche blos hypothetischer Annahmen in das Gebiet einer Theorie getreten sind, welche, von That-

sachen der Beobachtung ausgehend, mit Hülfe einfacher und allgemein bekannter physikalischer Gesetze die Mannigfaltigkeit der solaren Bewegungs-Phänomene in ihren wesentlichen Grundzügen deductiv zu entwickeln im Stande ist. Es sei mir gestattet, hier am Schlusse dieser Untersuchungen die hauptsächlichsten Momente dieser Theorie kurz zusammen zu stellen, theils um ihren inneren Zusammenhang deutlicher hervortreten zu lassen, theils um an einzelnen Stellen noch ergänzende Bemerkungen hinzuzufügen.

Als Resultate der Beobachtung stehen folgende drei Thatsachen fest:

1) die Rotation des Sonnenkörpers,

2) die hohe Temperatur seiner Oberfläche,

3) die Existenz einer Atmosphäre.

Die erste wurde durch die Entdeckung der Sonnenflecken von Joh. Fabricius, Galilei und Scheiner vermittelt, die beiden letzten durch die Untersuchungen Kirchhoff's als eine unwiderlegliche Consequenz der Spectralanalyse des Sonnenlichtes begründet.

Als ein mehr indirect durch Schlüsse vermitteltes Resultat muss

4) die tropfbar-flüssige Beschaffenheit der Sonnenoberfläche betrachtet werden. Ich habe die Nothwendigkeit einer solchen Beschaffenheit aus dem eruptiven Charakter einer grossen Anzahl von Protuberanzen gefolgert,[1]) und sehe nun mit Befriedigung, wie neuerdings auch Respighi durch zahlreiche und sorgfältige Beobachtungen von Protuberanzen zu Anschauungen über die physische Beschaffenheit der Sonne geführt worden ist, welche sowohl bezüglich der Flecken als auch der tropfbar-flüssigen Beschaffenheit der Oberfläche vollkommen mit den bisher von mir vertretenen Ansichten übereinstimmen.[2])

---

[1]) Vergl. diese Berichte. Sitzung am 2. Juni 1870.

[2]) *Sulle Osservazioni spettroscopiche del bordo e delle protuberanze solari etc. Atti della Reale Accademia dei Lincei nella sessione I, del 4 decembre 1870.*

Die angeführten vier Thatsachen reichen aus, um alle wesentlichen bisher an der Sonnenoberfläche beobachteten Erscheinungen zu erklären.

Aus den beiden ersten folgt die Entwickelung der grossen Circulation in der Atmosphäre, in Folge deren am Aequator die erhitzten Gasmassen emporsteigen und dadurch im unteren Theile der Atmosphäre Polarströme, im oberen Aequatorialströme erzeugen, welche wesentlich ungestört übereinander hinfliessen. Diese Ströme äussern auf die glühend-flüssige Oberfläche eine doppelte Rückwirkung, nämlich erstens eine thermische und zweitens eine mechanische. In Folge der ersteren entsteht durch die Berührung mit den herabsteigenden und relativ abgekühlten Aequatorialströmen an den Polen eine stärkere Abkühlung als am Aequator; in Folge der letzteren entwickeln sich durch die Reibung der atmosphärischen Ströme an der flüssigen Oberfläche Driftströmungen, welche die normale Rotation der Kugel in eine dem entwickelten Rotationsgesetze entsprechende abändern.

Die Wärmeausstrahlung äussert aber ihre Wirkung ausser in diesen thermischen und räumlichen Veränderungen auch noch drittens in partiellen Veränderungen des Aggregatzustandes der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche, indem sich an einzelnen Stellen schlackenartige Abkühlungsproducte entwickeln, die uns als dunkle Flecke erscheinen. Derartige Flecke müssen folglich an denjenigen Stellen der Sonnenoberfläche am zahlreichsten entstehen, wo die Bedingung zu einer möglichst kräftigen Wärmeausstrahlung am günstigsten ist. Diese Bedingung ist im Wesentlichen eine grosse Klarheit oder Durchstrahlbarkeit der Atmosphäre. Dieser Zustand wird am wenigsten in denjenigen Zonen zu erwarten sein, wo, wie am Aequator, durch den aufsteigenden Luftstrom stark erhitzte und mit Dämpfen gesättigte Luftmassen sich schnell abkühlen, oder, wie in den Polarzonen, die relativ abgekühlten oberen Luftmassen beim Herabsteigen sich mit wärmeren und dampfreicheren Schichten in den unteren Theilen der Atmosphäre mischen. In beiden Zonen werden atmosphärische Trübungen in Form von Wolkenbildungen eintreten, die jedoch bei der glühend-flüssigen Natur ihrer Bestandtheile nicht

wesentlich an Helligkeit von der allgemeinen Sonnenoberfläche verschieden sein können. Daher treten die Flecken durchschnittlich am häufigsten in zwei zu beiden Seiten des Aequators gelegenen Zonen auf.

24.

Jeder Fleck bedingt an der Oberfläche der Sonne eine Stelle von schroff gegen ihre Umgebung abgegrenzter Temperaturerniedrigung. Dieselbe muss in der darüber befindlichen Atmosphäre nothwendig der entstandenen Differenz entsprechende Gleichgewichtsstörungen in Form von aufsteigenden und absteigenden Strömen erzeugen. Die hierdurch eingeleitete Circulation begrenzt mit ihrem aufsteigenden Theile die äussere Umgebung der Flecken und erzeugt durch das hiermit verbundene Aufquellen heisserer Theile der Atmosphäre über dem gewöhnlichen Niveau der continuirlich leuchtenden Gasschichten die sogenannten Fackeln.[1]) Der absteigende Theil der Circulation fällt auf die Schlackenmasse und erleidet bei seinem Uebertritt auf dieselbe bereits in der Höhe durch die von unten verminderte Wärmeausstrahlung eine Abkühlung, in Folge deren ein Theil der aufgelösten Dämpfe in Form von Wolkengebilden ausgeschieden wird. Diese Wolkengebilde umgeben in einer gewissen Höhe die Grenzen der Schlackenmassen und erscheinen uns auf dieselben projicirt als die sogenannten Penumbren. Durch diese Entstehungsweise der Penumbren erklärt sich sowohl ihre nach dem Centrum der Flecke gerichtete Stratification als auch die konische Vertiefung ihrer Oberfläche, indem die nach dem Innern des Fleckes gerichteten absteigenden Ströme die Lagenverhältnisse der Wolke beeinflussen und namentlich eine Senkung des inneren Randes nach der Oberfläche des Fleckes bedingen müssen. Hierdurch wird bei vollständig und regelmässig entwickelten Flecken das sogenannte Wilson'sche Phänomen der relativen Randveränderungen der Penumbra bei seitlicher

[1]) Man vergl. auch die vortreffliche Arbeit von Liais: *Sur l'intensité relative de la lumière dans les divers points du disque du Soleil. Mémoires de Cherbourg 1867. p. 334.*

Betrachtung eines Fleckes in der Nähe des Sonnenrandes erklärt.

Jeder in der angegebenen Weise entstandene Fleck muss sich wieder auflösen, sobald die Temperatur der gebildeten Schlackenmasse wieder bis zu derjenigen ihrer glühend-flüssigen Umgebung gestiegen ist. Eine solche Temperaturerhöhung muss aber eintreten, sobald die zugeführte Wärmemenge grösser als die ausgestrahlte ist. Da nun durch die über dem Flecke entstandenen Condensations-Wolken die ursprüngliche Bedingung einer kräftigen Wärmeausstrahlung wieder aufgehoben ist und die Schlackenmasse theils durch Leitung von unten, theils durch das fortdauernde Herabströmen der glühenden Condensationsproducte von oben erwärmt wird, so ist die zur Schmelzung der Schlackenmasse nothwendige Bedingung erfüllt und der Fleck löst sich auf.

Es verhält sich also die über einer abgekühlten Stelle gebildete Condensationswolke in der Atmosphäre wie ein Schirm, welcher eine weiter fortschreitende Abkühlung dieser Stelle verhindert. Da dieser Schirm aber selbstthätig von der abgekühlten Stelle in der darüber befindlichen Atmosphäre erzeugt und nur durch die Existenz der letzteren ermöglicht wird, so kann die Atmosphäre der Sonne als ein Regulator der Wärmeausstrahlung ihrer glühend-flüssigen Oberfläche betrachtet werden.

25.

Während die angegebene Beziehung zwischen einem Regulator und der regulirten Kraft allen Erscheinungen mit regulatorischem Charakter gemeinsam ist, lassen sich dieselben bezüglich der von einander abhängigen Veränderungen des regulirenden und regulirten Phänomens in zwei verschiedene Classen bringen.

Fallen nämlich die erwähnten Veränderungen zeitlich zusammen, wie z. B. bei der Hemmung, welche ein im widerstehenden Mittel fallender oder ein mit Reibung an seiner Oberfläche rotirender Körper erleidet, so resultiren constante Erscheinungen, die mit dem Namen der Compensationsphänomene bezeichnet werden mögen.

Verfliesst dagegen zwischen dem Eintritt in der Veränderung der zu regulirenden Kraft und in der Veränderung des Regulators eine bestimmte Zeit, — was offenbar überall da der Fall sein wird, wo die Beziehung zwischen beiden Veränderungen eine sehr vermittelte ist — so resultiren oscillatorische oder, bei Wiederkehr derselben Bedingungen, periodische Erscheinungen, die mit dem Namen der Regulationsphänomene bezeichnet werden mögen.

Diese Classe von Phänomenen spielt in der Meteorologie eine sehr ausgedehnte und wichtige Rolle, und man sieht, dass nach der entwickelten Theorie auch das Entstehen und Vergehen der Sonnenflecke nur ein specieller Fall jenes allgemeinen Gesetzes ist. Hier ist der Grund der Nichtcoïncidenz in der Veränderung der zu regulirenden Kraft, — nämlich der vermehrten Wärmeausstrahlung — und der Veränderung im Zustande des Regulators, — nämlich der Wolkenbildung in der Atmosphäre, — leicht anzugeben. Die erste Wirkung, welche sich bald nach begonnener Temperaturerniedrigung einstellen muss, sind Strömungen in der Atmosphäre, die mit ihrem absteigenden Theile auf die kühlere Stelle gerichtet sind. Hierdurch gesellt sich zunächst zur Wirkung der Ausstrahlung noch eine zweite abkühlende Wirkung, indem die kühleren Luftmassen aus höheren Regionen der Atmosphäre durch Berührung die betreffende Stelle der Oberfläche weiter abkühlen. Erst wenn diese Abkühlung einen solchen Grad erreicht hat, dass die herabsteigenden Luftströme keine weitere Temperaturerniedrigung zu erzeugen im Stande sind, und inzwischen die erzeugten Gleichgewichtsstörungen sich auf immer grössere Bezirke in der Umgebung des Fleckes ausgedehnt haben, wird der regulatorische Einfluss der atmosphärischen Condensationsphänomene das Uebergewicht erlangen und die regressive Entwickelungsphase des Fleckes einleiten.

Man ersieht hieraus, dass die Bildung von Fackeln, als Folgen aufsteigender, durch Temperaturdifferenzen erzeugter Luftströme, sehr häufig der Bildung eines Fleckes vorangehen müssen. Das sogenannte Aufbrechen des letzteren würde dann durch den immer intensiver entwickelten absteigenden Luftstrom bewirkt werden können, welcher auf der glühend-flüs-

sigen Oberfläche in Verbindung mit der fortdauernden Ausstrahlung in ähnlicher Weise einen dunklen Fleck erzeugt, wie ein hinreichend stark gegen die glühende Oberfläche eines Metalles geleiteter kalter Luftstrom.

26.

Bei den bisherigen Entwickelungen wurde jeder einzelne Fleck für sich allein und unabhängig von andern betrachtet. Um nun die in meiner letzten Mittheilung vom 12. December 1870 „über die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken" dargelegte Theorie der Periodicität auf Grund der vorstehenden Erörterungen in mehr anschaulicher Weise zu begründen, wähle ich die Betrachtung des folgenden Gleichnisses.

Man denke sich einen grossen Dampfkessel, welcher eine sehr grosse Anzahl kleiner Dampfmaschinen, jede durch ein besonderes Zuleitungsrohr, speist. In jedem dieser Rohre befinde sich ein Ventil, welches mit einem für alle Maschinen gemeinsamen Regulator von der oben angegebenen Beschaffenheit in Verbindung gesetzt ist. Unter dieser Voraussetzung wird der Zustand des Regulators in jedem Moment das Resultat einer Summationswirkung sämmtlicher Maschinen auf ihn sein, deren Ursache, unserer Annahme gemäss, einige Zeit dieser Wirkung vorangegangen ist. Demgemäss müssen die Veränderungen im Zustande des Regulators, und folglich auch die von ihm abhängigen Zustände in der Bewegung sämmtlicher Maschinen, einen oscillatorischen Charakter annehmen. Je grösser die Anzahl der einzelnen Maschinen und je constanter die fortdauernd im Kessel erzeugte Dampfmenge ist, desto regelmässiger, und von störenden Einflüssen unabhängiger, muss der Verlauf der einzelnen Oscillationen von statten gehen und hierdurch allmälig einen periodischen Charakter erhalten.

Man setze nun an Stelle des Dampfkessels die Sonne, an Stelle des ausströmenden Dampfes die ausströmende Wärme, für die einzelnen Dampfmaschinen mit ihrer Bewegung die einzelnen Sonnenflecken mit ihrer Abkühlung, und endlich für den gemeinschaftlichen Regulator die, alle Sonnenflecke gemein-

sam umschliessende, Atmosphäre, so hat man ein Bild von derjenigen Vorstellung, welche ich mir von der Ursache der Periodicität in der Häufigkeit der Sonnenflecken gebildet habe. —

Ueber das Verhältniss des aufsteigenden und absteigenden Theils der graphisch diese Periodicität darstellenden Curve giebt diese Theorie ebenfalls Rechenschaft.

Es wurde oben bei der Entstehung eines Fleckes eine doppelte Ursache der localen Abkühlung auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche angenommen, nämlich als primitive die durch Klarheit der Atmosphäre begünstigte Ausstrahlung, als secundäre die abkühlende Berührung mit den kälteren Theilen des herabsteigenden Luftstromes.

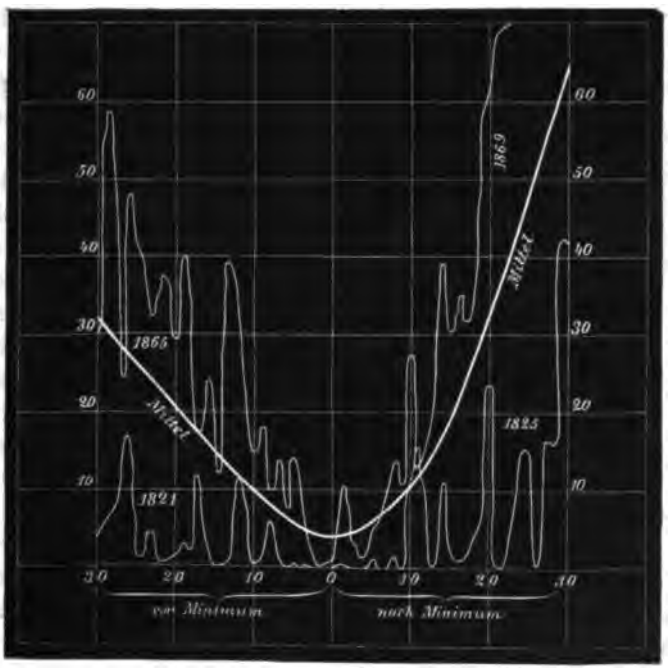
Die Auflösung eines Fleckes kann aber nur auf letzterem Wege durch Berührung mit wärmeren Luft- oder Flüssigkeitsmassen bewirkt werden, da eine Erwärmung durch Strahlung von aussen nicht stattfindet. Während also zur Entwickelung eines Fleckes zwei Ursachen in gleichem Sinne wirken, findet die Auflösung nur unter dem Einfluss der einen im umgekehrten Sinne statt. Deshalb wird die Entwickelung eines Fleckes schneller erfolgen als seine Auflösung und dieser Umstand ein schnelleres Aufsteigen als Absteigen in der Häufigkeits-Curve der Sonnenflecken bedingen. Bei unseren Eisdecken auf Flüssen und Seen findet ganz dasselbe Verhältniss statt; es genügt oft eine einzige Nacht, um die Oberfläche eines Sees dicht mit Eisschollen zu bedecken, zu deren Auflösung tagelang warme Witterung erforderlich ist.

Die bisherigen Untersuchungen über die Häufigkeit der Flecken, namentlich die umfangreichen und sorgfältigen von Wolf in Zürich, haben bereits früher einen derartigen Unterschied in dem auf- und absteigenden Theile der erwähnten Curve erkennen lassen. Die neuesten „astronomischen Mittheilungen“ vom December 1870 desselben Beobachters haben indessen durch eine besonders auf diesen wichtigen Umstand gerichtete Untersuchung diese Thatsache in einer sehr auffallenden und überraschenden Weise bestätigt. Durch die freundliche Zusendung der betreffenden Abhandlung bin ich

in den Stand gesetzt, die hierauf bezüglichen Resultate mitzutheilen.

In zwei Tafeln, die hier nicht wiedergegeben werden können, sind für je 30 Monate vor und nach den fünf letzten bestbekannten Minimumsepochen die mittleren Relativzahlen — für jeden Monat der daraus folgende Mittelwerth — zusammengestellt. Die wesentlichsten Resultate, welche bis jetzt aus dieser Vergleichung gezogen werden konnten, sind vom Verfasser in folgenden Worten zusammengestellt:

1. „Geht daraus in schärferer Weise, als es bei früherer Untersuchung erhältlich war, hervor, dass die Sonnenfleckencurve rascher aufsteigt, als sinkt, wie dies die beistehende graphische Darstellung der mittleren Curve auf den ersten Blick zeigt.“ (a. a. O. p. 250.)



2. „Bezeichnet man die Anzahl der Jahre, während welcher die Sonnenfleckencurve aufsteigt, mit x, so erhält man

unter der Annahme, dass der Gang während der ganzen Periode annähernd derselbe bleibe, wie in den hier dargelegten fünf Jahren, die Proportion:

$$x : 11^1/_9 - x = 1 : 2$$

woraus

$$x = 3.7$$

folgt; d. h. es nimmt durchschnittlich das Aufsteigen der Sonnenfleckencurven 3.7 Jahre, das Absteigen 7.4 Jahre in Anspruch."

8. „Der Verlauf einzelner Perioden kann sich von dem mittleren Verlaufe wesentlich unterscheiden, jedoch scheint einem verzögerten oder beschleunigten Absteigen auch ein verzögertes oder beschleunigtes Aufsteigen zu entsprechen."

„Sehr normal verlief das Minimum von 1844.0 — während dagegen das Minimum 1856.2 und noch mehr das in der Figur dargestellte Minimum von 1823.2 ein verzögertes, — das Minimum von 1833.8 und noch mehr das in der Figur dargestellte Minimum von 1867.2 ein beschleunigtes Ab- und Aufsteigen zeigt."

Haben wir nun nach der bisherigen Entwickelung in den Sonnenflecken und ihrer periodischen Ab- und Zunahme die wesentlichen Momente eines grossartigen Regulationsprocesses erkannt, bei welchem als Aequivalent für die verminderte Wärmestrahlung mechanische Bewegungen in Form von Strömungen in der Atmosphäre auftreten, so lässt sich auch leicht die Existenz eines nicht minder grossartigen Compensationsprocesses in dem oben definirten Sinne nachweisen, bei welchem als Aequivalent für die verschwundene mechanische Bewegung Wärme und wahrscheinlich auch starke electrische Erscheinungen auftreten.

Es würde nämlich die Rotation der Sonne bei fortschreitender Abkühlung und Contraction schneller zunehmen, wenn nicht durch die fortdauernde Reibung der Polarströme, als deren Resultat das Rotationsgesetz erkannt wurde, eine im entgegengesetzten Sinne wirkende Kraft, und hierdurch für lange Zeiträume annähernd eine constante Rotation des inneren Kernes erzeugt würde.

27.

Indem ich auf die Wiederholung der in vorliegender Abhandlung bereits früher entwickelten besonderen Bewegungserscheinungen der Flecken verzichte, seien mir nur noch einige Bemerkungen über den Zusammenhang der Protuberanzen mit den Flecken, Fackeln und andern localen Verhältnissen auf der Sonnenoberfläche gestattet.

Die eruptiven Protuberanzen entstehen durch Druckdifferenzen zwischen dem Druck einer in der Flüssigkeit eingeschlossenen oder von ihr absorbirten Gasmasse und dem äussern, durch die Cohärenz und Schwere der oberen Flüssigkeitsschichten vergrösserten, Druck der Atmosphäre. Demgemäss werden an denjenigen Orten am leichtesten eruptive Protuberanzen entstehen können, wo der zu überwindende Druck am geringsten ist, — am seltensten oder gar nicht da, wo dieser Druck am grössten ist.

Jeder aufsteigende Luftstrom in der Atmosphäre vermindert aber den Druck an dieser Stelle ebenso wie jeder absteigende ihn vermehrt. Da nun in der Umgebung der Flecken sehr starke aufsteigende Ströme stattfinden und ebenso die Fackeln durch derartige Ströme verursacht werden, so müssen diese Stellen besonders günstig für die Entwickelung eruptiver Protuberanzen sein.

Diese Folgerung wird durch die neuesten Beobachtungen Respighi's vollkommen bestätigt. Er bemerkt hierüber in seiner oben citirten Abhandlung Folgendes:

„Sul nucleo o non hanno luogo eruzioni, o sono ristrette a getti sottili e poco duraturi.

Sul contorno delle macchie sorgono ordinariamente getti gassosi di straordinarie intensità e violenze, e di forme ben definite.“

Ferner bezüglich des Zusammenhanges der Fackeln mit den Protuberanzen:

„Ordinariamente nelle località delle facole le protuberanze o le eruzioni sono molto frequenti e molto sviluppate, etc.

Quantunque presso le facole si trovino comunemente grandi protuberanze, pure le loro posizioni non si presentano così

coincidenti da poter ritenere le une confuse colle altre. Le protuberanze e i getti sono prossimi alle facole, ma costituiscono un fenomeno da queste totalmente distinto.

. . . . Avuto riguardo alla concomitanza delle facole colle protuberanze o colle eruzioni, è ragionevole il supporre che o dalla facola sia prodotto o risulti la protuberanza, o viceversa dalla protuberanza od eruzione sia prodotta la facola."

Wie man sieht, ist nach der oben angedeuteten Theorie das Erstere der Fall, die Fackeln sind durch aufsteigende Ströme der Atmosphäre erzeugt und bedingen hierdurch an der flüssigen Oberfläche eine Verminderung des Atmosphärendruckes, wodurch einer in der glühenden Flüssigkeit eingeschlossenen oder absorbirten Wasserstoffblase der Austritt in Form einer eruptiven Protuberanz gestattet wird.

Es ist übrigens eine auch den Meteorologen bekannte Thatsache, dass an der Erdoberfläche durch auf- und absteigende Luftströme der Barometerdruck ganz in dem erwähnten Sinne sehr beträchtliche Veränderungen erleidet.[1])

Wären die Variationen des Luftdruckes an der Erdoberfläche hinreichend gross, so würde durchschnittlich der Beginn vulkanischer Eruptionen in die Zeit der barometrischen Minima, das Ende derselben in die Zeit der Maxima fallen und auf diese Weise die Reaction des feurig-flüssigen Erdinnern mit den meteorologischen Erscheinungen an der Erdoberfläche in eine sehr enge Verbindung treten. Ohne Zweifel hat in einer früheren Entwickelungsphase unseres Planeten eine solche Verbindung existirt und es dürfte sich vielleicht auch jetzt noch der Mühe lohnen, die meteorologischen Tagebücher mit den Eruptionszeiten namentlich solcher Vulkane zu vergleichen, bei welchen ihrer Natur nach relativ nur geringe Druckdifferenzen in's Spiel kommen.

Dass aber sowohl die eruptiven Protuberanzen als auch die Bildung und Auflösung von Sonnenflecken Erscheinungen

[1]) De Luc, Untersuchungen über die Atmosphäre. Leipzig 1778. Bd. 2. S. 71. § 528 ff. Saussure, Versuch über die Hygrometrie. Leipzig 1784. § 296. Dove, Pogg. Ann. Bd. 70. S. 382.

sind, die nicht ihrem Wesen, sondern nur ihrer Intensität nach von den vulkanischen Erscheinungen unserer Erde verschieden sind, geht am deutlichsten aus den Beschreibungen dieser Phänomene hervor, welche von theoretisch in keiner Weise präoccupirten Beobachtern geliefert worden sind.[1])

Auch von der allgemeinen heliographischen Vertheilung der eruptiven Protuberanzen, über welche ebenfalls

[1]) Ich erlaube mir hier zwei derartige Schilderungen vulkanischer Thätigkeit wörtlich aus Naumann's Geognosie. 2. Aufl. Bd. I. mitzutheilen.

„So sah z. B. Spallanzani im Jahre 1788 im Kraterboden des Aetna einen runden, etwa 60 F. weiten Schlund, in dessen Tiefe die feurig flüssige Lava beständig auf und nieder wallte. Weit deutlicher beobachtete er dieselbe Erscheinung in einem Kraterschlunde des Stromboli. Die glühende Lava stieg alle 2 Minuten gegen 20 F. weit herauf, und sank dann rasch wieder in die Tiefe zurück. Jedesmal, wenn sie ihren höchsten Stand erreicht hatte, blähte sich ihre Oberfläche auf; Blasen von mehreren Fuss Durchmesser schwollen empor, und explodirten zuletzt mit einem starken Knall; dabei wurden sie in viele hundert Stücke zersprengt, die mit fürchterlicher Gewalt in die Luft flogen, und als Stein- und Schlackenregen klirrend am Berge herabstürzten. Unmittelbar nach diesen Explosionen sank die Oberfläche der Lava schnell und geräuschlos in ihr anfängliches Niveau zurück, um bald wieder auf's Neue mit prasselndem Geräusche empor zu schwellen. Poulet Scrope beobachtete im Jahre 1819 diese Erscheinungen in ganz ähnlicher Weise." (l. c. p. 116.)

„Im grossartigsten Maassstabe ist das Aufwallen und ruhige Ausfliessen der Lava in dem colossalen Krater Kilauea auf Hawaii beobachtet worden. In der Tiefe desselben breiten sich mehrere hellleuchtende Lavaseen aus, von denen einer 1500 F. breit ist; seine Lava ist in beständiger auf- und niederwogender Bewegung, und Schlackenstücke werden von Zeit zu Zeit bis 70 F. hoch aufwärts geschleudert. In einem zweiten kleineren Lavasee strahlte die aufkochende Lava ein so intensives Licht aus, dass es in darüber hinziehenden Regenwolken einen Regenbogen erzeugte; die Lava ergoss sich aus dem Rande des Sees so flüssig wie Wasser, theilte sich bei ihrem weiteren Fortströmen in mehrere Arme, bildete über Abstürzen des Terrains Kaskaden u. s. w.

Die Amerikaner Chase und Parker sahen auf einem dieser Lavaseen, der in mächtigen Feuerwogen gegen sein Ufer brandete, Lavasäulen bis zu 60 F. Höhe aufsteigen; dann wurde es ruhig, die Oberfläche verdunkelte sich und schien erstarren zu wollen; doch plötzlich zerriss die Decke, flüssige Lava breitete sich abermals aus, in welcher die Schlackenschollen wie Eisschollen im Wasser auf- und niedertauchten, und der glühende Lavasee war wieder hergestellt." (l. c. p. 117 und 118.)

Respighi sehr werthvolle Resultate a. a. O. mitgetheilt hat, ist unsere Theorie im Stande mit Leichtigkeit Rechenschaft zu geben.

In der That, wenn die aufsteigenden Ströme in der Sonnenatmosphäre durch ihre Druckverminderung die Veranlassung zur Erzeugung einer Gas-Eruption aus der glühenden Flüssigkeit sind, so muss man auch berücksichtigen, dass die benachbarten absteigenden Ströme eine Druckerhöhung in der Umgebung der Ausbruchsstelle bewirken und auf diese Weise gleichsam eine Art Herauspressung des Gases während der Eruption bewirken. Derartige seitlich nebengeordnete Druckdifferenzen müssen nach unserer Theorie offenbar am stärksten durch die Anwesenheit eines Sonnenfleckes hervorgerufen werden und folglich müssen im Allgemeinen die Zonen der häufigsten Fleckenentwickelung auch die Zonen der meisten eruptiven Protuberanzen sein.

Man wird demgemäss an den Polen und am Aequator Minima in der Häufigkeit der Eruptionen zu erwarten haben. — Bezüglich der Heftigkeit, mit welcher diese Ausbrüche erfolgen, können aber auch die Unterschiede der Zähigkeit, oder der grössere oder geringere Grad von Beweglichkeit der glühenden Flüssigkeit, aus welcher diese Eruptionen hervorbrechen, nicht ohne Einfluss sein. Je zähflüssiger diese Masse ist, desto seltener, aber intensiver, — je dünnflüssiger, desto häufiger, aber schwächer werden die Eruptionen sein. An den Polen kann durch die abkühlende Wirkung der herabkommenden Ströme diese Zähigkeit vermehrt und so der Einfluss ihrer Druckerhöhung auf die Hemmung der Eruptionen unterstützt werden. Am Aequator kann durch den früher erwähnten Stauungsprocess der sich treffenden Driftströme eine Niveauerhöhung der flüssigen Oberfläche und hierdurch eine Druckvermehrung auf die unteren Schichten erzeugt werden, durch welche die sonst begünstigte Entwickelung von Eruptionen in dieser Zone wieder beeinträchtigt wird.

Alle diese Folgerungen werden ebenfalls durch die Beobachtungen Respighi's bestätigt, wie dies aus folgenden Stellen seiner mehrfach erwähnten Abhandlung hervorgeht.

„Nelle regioni circumpolari, e cioè sino alla distanza di circa 20° dai poli, il fenomeno delle protuberanze, o non si verifica mai, o in modo del tutto eccezionale.“

„Nella zona equatoriale, per la larghezza di circa 20°, le protuberanze o le eruzioni sono meno frequenti e meno sviluppate, che nelle zone corrispondenti a maggiori latitudini.“

Ueber die durchschnittliche Höhe der Protuberanzen, also über die Intensität der Eruptionen, theilt Respighi Folgendes mit:

„Divisi i due emisferi in zone di 10° di latitudine, calcolando per ogni zona la media altezza delle protuberanze non meno alte di 1', si sono trovati i seguenti resultati.“

	Altezze medie	
Zone	*Emisfero Nord*	*Emisfero Süd*
0°—10°	1′ 26″	1′ 29″
10 —20	1 48	1 44
20 —30	1 30	1 34
30 —40	1 53	1 38
40 —50	1 24	1 42
60 —70	1 29	1 40
70 —80	1 48	—
80 —90	—	—

28.

Ich kann die vorliegenden Untersuchungen nicht beschliessen, ohne in Kürze auf die Bedeutung des Rotationsgesetzes der Sonne und seiner gegenwärtig erkannten Ursachen für die Geologie und Petrographie der Erde aufmerksam zu machen. Wenn in der That die Entwickelungsprocesse aller grösseren Himmelskörper im Wesentlichen als übereinstimmend angenommen werden dürfen, so muss sich auch die Erde ehemals in einem Zustande befunden haben, in welchem durch die kräftige Reaction der Polarströme ihrer damaligen Atmosphäre auf die glühend-flüssige Oberfläche Driftströmungen nach Analogie der noch gegenwärtig auf der Sonne vorhandenen erzeugt wurden.

Wir sahen, dass diese Ströme als eine Rotationsverzögerung der oberen Flüssigkeitsschichten aufgefasst werden konnten,

welche am Aequator ein Maximum erreichte und zu beiden Seiten desselben in denjenigen Breiten verschwand, in welchen die Polarströme ihren Ursprung hatten. Es wurde ferner gezeigt, wie durch die Eigenthümlichkeit der relativen Geschwindigkeit zweier unter- und nebeneinander befindlichen Flüssigkeitsschichten zwei Drehungsmomente auf einen innerhalb dieser Schichten befindlichen Körper ausgeübt wurden. Bei annähernd gleicher Ausdehnung aller drei Dimensionen müsste demnach ein solcher Körper um eine horizontale, in der Ebene eines Meridiankreises liegende, und um eine verticale Axe rotiren. Die Rotationsgeschwindigkeit um die erste Axe ist eine relativ viel grössere als um die letztere, da wegen der relativ geringen Tiefe, bis zu welcher sich die Retardation der obersten Schichten fortsetzt, die Geschwindigkeitsdifferenzen zweier Schichten für gleiche Abstände viel schneller in verticaler als in horizontaler Richtung wachsen.

Gesetzt nun, der innerhalb der bewegten Schichten befindliche Körper bestände aus einer dehnbaren oder zähen Masse, welche vermöge der Reibung mit den sie umgebenden Schichten in Verbindung steht, so muss dieser Körper parallel der Rotationsbewegung ausgestreckt werden. Diejenigen Theile des Körpers, welche in derselben Horizontalschicht liegen, werden ganz in derselben Weise wie irgend welche Heterogeneïtät in den Atmosphären Jupiter's und Saturn's in einen Streifen umgewandelt. In analoger Weise werden aber auch die in verticaler Richtung übereinander liegenden Querschnitte des Körpers gegeneinander verschoben und zwar nach dem Obigen viel schneller als die horizontal neben einander gelegenen Theile. Man sieht leicht, dass auf diese Weise die ursprünglich nach allen drei Dimensionen gleich stark ausgedehnte Masse in eine streifenartige Horizontalschicht von relativ viel geringerer Dicke als Breite ausgedehnt werden muss. Ursprünglich weit getrennte, in demselben Parallelkreise befindliche Massen werden durch diesen Process in übereinandergelagerte Parallelschichten von stets abnehmender Mächtigkeit verwandelt.

Man ersieht hieraus, dass in dem betrachteten Entwickelungsstadium eines Weltkörpers die mechanischen Bedingungen zu einer unerschöpflichen Quelle von Streifen- und Schichtenbildungen vorhanden sind.

Könnten wir die Schlackenmasse, aus welcher ein Sonnenfleck gebildet ist, bezüglich ihrer Structur untersuchen, wir würden ohne Zweifel die horizontal über einander gelagerte Schichtung so vieler unserer irdischen Gesteinsarten wieder erkennen. — Aber auch auf die innere Structur und Anordnung der einzelnen Bestandtheile der Gesteine muss dieser Process von wesentlichem Einfluss gewesen sein.

Nimmt man ferner hierzu die oben über die besonderen Bewegungen der Sonnenflecken erhaltenen Resultate, ihre schräge Stellung, ihr Zerbrechen und ihre Umwälzung vor der Auflösung — so hat man hier einen Reichthum an mechanischen Vorgängen, welche, wie mir scheint, den Schlüssel zum Verständniss einer grossen Anzahl geologischer Phänomene liefern können, die bisher zum Theil unverständlich geblieben sind, zum Theil nur sehr gezwungen und künstlich erklärt werden konnten.

Haben also wirklich die in jenem frühen Entwickelungsstadium unseres Planeten wirksam gewesenen Processe in der erstarrten Erdrinde ihre unvergänglichen Spuren zurückgelassen, so muss die morphologische Beschaffenheit der Gesteine bezüglich ihrer geographischen Verbreitung an bestimmte Gesetze gebunden sein.

Berücksichtigt man die Abhängigkeit der Geschwindigkeitsdifferenz zweier Schichten von ihrer Tiefe und ihrem Abstand vom Aequator, so ergeben sich für die erwähnte Beziehung die folgenden Gesetze:

1. Die mittlere Richtung aller Stratificationsformen muss im Allgemeinen parallel dem Aequator sein.
2. Die Schichtenbildung muss mit zunehmender geographischer Breite und Tiefe abnehmen und in den polaren Regionen und grossen Tiefen ganz aufhören.

3. Die Dicke der Schichten muss mit zunehmender geographischer Breite und Tiefe wachsen.
4. Die Breite der Streifen in ein und derselben Schicht muss in einem Abstande von etwa 45° vom Aequator ein Minimum erreichen.
5. Die mittlere Richtung der sogenannten Parallelstructur einer grossen Anzahl von Gesteinen muss durchschnittlich in die Ebene eines Parallelkreises fallen.

Selbstverständlich können diese Gesetze, mit Rücksicht auf die vielfach vulkanischen Störungen des betrachteten Processes, nur vermittelst statistischer Durchschnittswerthe von zahlreich und kritisch gesammelten Beobachtungen verificirt werden. Ich vermag indessen nicht zu beurtheilen, in wie weit schon gegenwärtig das bisher über diese Verhältnisse aufgespeicherte Beobachtungsmaterial ausreichend ist, um eine Bestätigung oder Widerlegung jener theoretisch gefolgerten Beziehungen daraus ableiten zu können.

Nachtrag.

(Abdruck aus meinem Buche über die Natur der Cometen, 2. Auflage, 1872, S. 485—489.)

Herr Faye vindicirt mir in seinem Referate über meine Abhandlung: das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten, in der Pariser Academie am 13. Novbr. 1871 *(Comptes rendus T. LXXIII. p. 1125)* mit grösster Bestimmtheit eine Anschauung über den Aggregatzustand der Sonne, die ich niemals vertreten habe. Herr Faye sagt nämlich: *„Suivant M. Zöllner, le soleil, bien loin d'être à l'état gazeux, est entièrement solide, sauf une mince couche liquide, semblable à de la lave en fusion, qui le recouvre entièrement.“* Dass meine Abhandlung nicht durch Unklarheit ein solches Missverständniss verschuldet hat, beweist ein fast gleichzeitig erschienenes und vollkommen richtiges Referat in den *Ar-*

chives de Génève von Herrn Emile Gautier.[1]) Selbstverständlich verlieren hierdurch alle Argumente, welche Herr Faye auf Grund seiner obigen Behauptung gegen die Richtigkeit meiner Anschauungen anführt, ihre Bedeutung. Wenn Herr Faye aber weiter bemerkt (l. c. p. 1127):

> *„Pour moi je ne vois là, je l'avoue, que l'effort d'un savant qui, ayant pris une erreur pour point de départ, veut arriver à toute force à faire cadrer les déductions qu'il en tire avec une réalité rebelle."*

so glaube ich schon für die allernächste Zukunft empirische Beweise für die Richtigkeit meiner Deductionen prophezeihen zu dürfen. Denn von Tag zu Tag mehren sich die Beobachtungen, welche als eine directe Bestätigung der von mir zuerst theoretisch abgeleiteten Circulation der Sonnenatmosphäre angesehen werden müssen. Bereits in meiner Abhandlung „Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken" (Berichte der K. S. Ges. d. W. 1870. Dec. 12) habe ich (S. 81 ff.) diese Circulation lediglich als eine Folge der Rotation und Wärmeausstrahlung des glühenden Sonnenkörpers dargestellt. In meiner oben erwähnten Abhandlung „Ueber das Rotationsgesetz der Sonne etc." (1871. Febr. 11. Ebendaselbst) stellte ich (S. 162) die vier Thatsachen zusammen, aus welchen sich nach meiner Theorie alle bis jetzt bekannten wesentlichen Eigenschaften der Sonne ableiten lassen. Es sind dies 1. die Rotation des Sonnenkörpers. 2. die hohe Temperatur seiner Oberfläche, 3. die Existenz einer Atmosphäre, 4. die tropfbar-flüssige Beschaffenheit des Sonnenkörpers. Hierauf Bezug nehmend, fahre ich auf p. 99 mit folgenden Worten fort:

[1]) Nach einigen Bemerkungen über die Dicke und Solidität der gebildeten Schlackenmassen, aus welchen meiner Theorie zufolge die Sonnenflecken bestehen, beschliesst Hr. Gautier sein Referat mit folgenden Worten:

> *„Notre observation ne porte, du reste, que sur un détail peu essentiel à la théorie de M. Zöllner. Celle-ci n'en reste pas moins la seule jusqu'à ce jour, qui s'assimile d'une manière aussi complète aux circonstances connues de la physique solaire, sans être obligée de recourir à des suppositions tout à fait en dehors des notions générales admises dans la physique terrestre."*

„Aus den beiden ersten folgt die Entwickelung der grossen Circulation in der Atmosphäre, in Folge deren am Aequator die erhitzten Gasmassen emporsteigen und dadurch im unteren Theile der Atmosphäre Polarströme, im oberen Aequatorialströme erzeugen, welche wesentlich ungestört über einander hinfliessen. Diese Ströme äussern auf die glühend-flüssige Oberfläche eine doppelte Rückwirkung, nämlich erstens eine thermische und zweitens eine mechanische. In Folge der ersteren entsteht durch die Berührung mit den herabsteigenden und relativ abgekühlten Aequatorialströmen an den Polen eine stärkere Abkühlung als am Aequator; in Folge der letzteren entwickeln sich durch die Reibung der atmosphärischen Ströme an der flüssigen Oberfläche Driftströmungen, welche die normale Rotation der Kugeloberfläche in eine dem entwickelten Rotationsgesetze entsprechende abändern."

Man sieht hieraus, dass diese beiden Strömungen für meine ganze Theorie ein Fundamentalphänomen sind, welches direct durch Beobachtungen zu bestätigen von grösster Wichtigkeit sein muss.

P. Secchi theilt nun der Pariser Academie in einem Briefe d. d. 17. Juli 1871 unter Anderem Folgendes mit *(C. R. T. LXXIII p. 246, 24. Juillet 1871):*

„L'étude des protubérances nous a dévoilé des courants très-violents, qui dominent au-dessus de la chromosphère. J'ai fait une attention particulière à la direction de la courbure des jets les plus élevés, et j'ai trouvé que, en général, de l'équateur aux latitudes moyennes, la direction dominante est tournée vers les pôles; . . ."

In einer darauf folgenden Mittheilung an die Pariser Academie (4. Septbr. 1871) *ibid.* p. 595 theilt Secchi bezüglich der Gesetzmässigkeit jener Ströme *(„à la circulation de la région supérieure de l'atmosphère solaire")* zahlreiche Beobachtungen an Protuberanzen mit und bemerkt über das erlangte Resultat Folgendes:

„Le résultat obtenu a été le suivant: pendant quarante-deux jours d'observations, on a obtenu;

+ *Protubérances conformes à la loi . . 403* } *Rapport*
— *Protubérances discordantes . . . . . 138* } *2.92 : 1.00*
± *Protubérances situées surtout près des pôles 102*

Ces chiffres sont évidemment très-favorables à la loi hypothétique dont nous sommes partis; mais sa probabilité paraîtra plus remarquable après quelques réflexions."

Diese Resultate Secchi's erlaube ich mir hier noch durch zwei briefliche Mittheilungen über dieselbe Erscheinung zu ergänzen.

Herr Professor Spörer schreibt mir d. d. Anclam (1871, December 4) wörtlich Folgendes:

„Eine Beobachtungsreihe der Protuberanzen (1871 Mai 21 bis October 5) habe ich bearbeitet und die Resultate in einer Abhandlung zusammengestellt, welche an die Berliner Academie der Wissenschaften übersandt ist. Zu einem zweiten Theile, in welchem übersichtlich die Oerter der Flecken und Protuberanzen verglichen werden sollen, sind erst die Vorarbeiten beendet. Es folgt hier eine kurze Inhaltsangabe aus der fertigen Abhandlung.

1. Aufgeführt mit Zahlenangaben und Zeichnungen 25 Protuberanzen zum Beweise der atmosphärischen Strömung, welche auf beiden Halbkugeln in den oberen atmosphärischen Schichten vom Aequator zum Pol gerichtet ist. Zwar ist dieselbe nicht immer vorhanden, aber es können doch sehr grosse Gebiete bezeichnet werden, in welchen sie während eines längeren Zeitraumes herrschte."

Es werden nun noch 8 verschiedene Rubriken mitgetheilt, die sich auf andere Erscheinungen beziehen.

Herr Dr. Vogel, der Director der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp bei Kiel, schreibt mir d. d. Bothkamp (1872, Januar 15) unter Anderem wörtlich Folgendes:

„Von 13 beobachteten Protuberanzen haben 9 eine entschieden ausgesprochene Neigung gegen den Sonnenrand gezeigt, nach Berechnung der heliographischen Breite fand ich, dass mit nur einer Ausnahme die Neigungen auf

Ströme, die vom Aequator nach den Polen gerichtet sind, schliessen lassen."

Diese Thatsachen, so weit sie, wie die sehr vollständigen von Secchi und Tacchini, publicirt worden sind, haben für Herrn Faye keine Bedeutung. Er fertigt sie in einer Anmerkung seines oben erwähnten Aufsatzes mit folgenden Worten ab (l. c. p. 1128):

„C'est ainsi qu'on a cru récemment trouver une indication favorable à l'existence de ces courants dans les directions si variées des jets d'hydrogène incandescent émis par la chromosphère . . . . . D'ailleurs la seule inspection des dessins déjà publiés en grand nombre suffit, aux esprits non prévenus, pour faire évanouir toute idée de courants généraux dans la chromosphère."

Aus dem letzten Satze geht hervor, dass die neueren Protuberanzen-Figuren Tacchini's Herrn Faye noch unbekannt waren. An diesen sind nicht nur die oberen äquatorialen, sondern auch die unteren polaren Ströme in überraschender Weise auf den ersten Blick zu erkennen. Die kleinen spitzen und zackenartigen Erhebungen der Chromosphäre sehen an manchen weit ausgedehnten Stellen wie Fasern eines groben Sammet-Teppichs aus, welcher mit einer Bürste nach einer Richtung hin geglättet worden ist. — Um nun aber auch Pater Secchi gegen den Vorwurf des Herrn Faye in Schutz zu nehmen, er sei präoccupirt und gehöre bezüglich jener Strömungen in der Sonnenatmosphäre zu den *„esprits prévenus"*, erlaube ich mir zu bemerken, dass ich von P. Secchi *d. d. Rome le 28. Avril 1871* einen Brief erhielt, in welchem er mich mit folgenden Worten um die Zusendung meiner oben erwähnten Abhandlung ersuchte, in welcher ich jene Strömungen theoretisch abgeleitet hatte:

„M. Schellen de Cologne me donne la nouvelle que vous avez fait un travail très intéressant sur la rotation du Soleil. Comme tout ce qui vient de vous est très intéressant pour moi, ... je vous prie de me faire savoir où, et comment je pourrai me procurer cet intéressant travail."

Ich sandte hierauf umgehend die gewünschte Abhandlung nach Rom. Hätte nun Pater Secchi seine so höchst ver-

dienstvollen Beobachtungen in der Absicht unternommen, das theoretisch von mir entwickelte Circulationsgesetz der Sonnenatmosphäre zu bestätigen anstatt zu widerlegen, so würde er es ohne Zweifel nicht unterlassen haben, hierbei meine Abhandlung und die darin als nothwendig gefolgerte Existenz jener Strömungen zu erwähnen.

Leipzig, im Februar 1872.

Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne.

(Berichte der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, math.-phys. Classe. Sitzung am 2. Juni 1870.)

Erste Abhandlung.

1.

Unter den charakteristischen Formen der Protuberanzen[1]), welche gegenwärtig das Spectroskop mit erweitertem Spalte jederzeit zu beobachten gestattet, befindet sich eine nicht unbeträchtliche Anzahl solcher, deren Anblick jedem unbefangenen Beobachter unmittelbar die Ueberzeugung verschafft, dass wir es hier mit gewaltigen Eruptionen von glühenden Wasserstoffmassen zu thun haben.

Ohne das Gebiet bekannter Analogien und damit die Bedingung für die Erklärbarkeit kosmischer Phänomene zu verlassen, ist es nicht wohl möglich, eine andere Ursache

[1]) Die Formen der Protuberanzen lassen sich in zwei charakteristische Gruppen theilen, in die dampf- oder wolkenförmigen und in die eruptiven Gebilde. Das Vorherrschen des einen oder anderen Typus scheint theils an locale Verhältnisse auf der Sonnenoberfläche, theils an die Zeit gebunden zu sein, so dass zu gewissen Zeiten der eine, zu anderen Zeiten der andere Typus der vorherrschende sein kann. Dass die wolkenförmigen Gebilde so lebhaft an die Formen irdischer Wolken und Dämpfe erinnern, erklärt sich leicht, wenn man berücksichtigt, dass die Formen unserer Wolken nicht durch die in ihnen suspendirten Wasserbläschen, sondern wesentlich nur durch die Art und Weise der Ausbreitung verschieden erwärmter und bewegter Luftmassen bedingt sein können. Die Wasserdampfbläschen bilden bei irdischen Wolken nur das Material, durch welches uns die erwähnte Verschiedenheit

dieser Eruptionen als die Druckdifferenz des ausströmenden Gases im Innern und an der Oberfläche der Sonne anzunehmen. Die Möglichkeit einer solchen Druckdifferenz setzt aber nothwendig das Vorhandensein einer Trennungsschicht zwischen den inneren und äusseren Wasserstoffmassen voraus, von denen die letzteren bekanntlich einen wesentlichen Theil der Sonnenatmosphäre bilden.

Die Annahme einer solchen Trennungsschicht ist beim ersten Anblick der erwähnten Protuberanzenphänomene eine so zwingende, dass sie sich selbst solchen Beobachtern als unabweisbar aufdrängt, welche es, wie Respighi, nicht für unwahrscheinlich halten, dass electrische Kräfte die Ursache so bedeutender Eruptionserscheinungen sein könnten.

Bleiben wir aber bei der einfacheren und deshalb natürlicheren Annahme der Druckdifferenz stehen, so haben wir es mit einer Erscheinung zu thun, die uns durch Anwendung der mechanischen Theorie der Wärme und Gase auf dieselbe sehr wichtige Aufschlüsse über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne zu liefern im Stande ist.

Die Fruchtbarkeit dieser Betrachtungsweise darzulegen, ist der wesentliche Zweck vorliegender Abhandlung. —

Bei vollkommenen Gasen folgert die mechanische Theorie aus ihren Prämissen:

erstens, das Gesetz von Mariotte und Gay-Lussac,

zweitens, die Constanz des Verhältnisses der specifischen Wärmen bei constantem Volumen und constantem Druck.

Diese Constante, durch die bekannten Methoden für ein bestimmtes Gas ermittelt, muss demgemäss vom Standpunkte der mechanischen Theorie der Gase in ähnlicher Weise wie das Atomgewicht eines Körpers als unveränderlich betrachtet werden, und darf durchaus nicht in die Kategorie anderer empirischer Constanten, wie z. B. das Leitungsvermögen der Körper für Wärme, oder die Ausdehnungscoëfficienten fester und flüssiger Körper u. dgl. m. gestellt werden. Diese Constanten haben

---

der Luftmassen sichtbar gemacht wird. Bei den Wolken der Protuberanzen wird diese Sichtbarkeit durch die Gluth der leuchtenden Wasserstoffmassen vermittelt.

nur Gültigkeit innerhalb derjenigen Grenzen, für welche sie durch Beobachtungen ermittelt sind, und verlieren, weit über jene Grenzen hinaus angewandt, ihre Bedeutung.

Unter dieser Voraussetzung betrachte ich die eruptiven Protuberanzgebilde als ein Phänomen der Ausströmung eines Gases aus einem Raume in einen andern, wobei der Druck während der Ausströmung in beiden Räumen als constant und weder eine Mittheilung noch Entziehung von Wärme angenommen wird.

Es bezeichne:

A das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit,

v die Geschwindigkeit der Ausströmung des Gases in der Ebene der Oeffnung,

g_1 die Intensität der Schwere auf der Erde,[1])

$\varkappa$ das Verhältniss der specifischen Wärmen des Gases bei constantem Druck und constantem Volumen,

c die specifische Wärme des Gases bei constantem Volumen bezogen auf ein gleiches Gewicht Wasser,

t_i die absolute Temperatur des Gases im innern Raume, aus welchem die Ausströmung erfolgt,

t_a die absolute Temperatur des ausströmenden Gases in der Ebene der Ausströmungsöffnung,

p_i den Druck des Gases im innern Raume,

p_a den Druck in der Ebene der Ausströmungsöffnung,

Nach der mechanischen Wärmetheorie finden dann unter den gemachten Annahmen zwischen diesen neun Grössen die folgenden beiden Relationen[2]) statt:

$$A\frac{v^2}{2g_1} = \varkappa c\,(t_i - t_a) \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\frac{t_i}{t_a} = \left(\frac{p_i}{p_a}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

[1]) In der Originalabhandlung war irrthümlich statt g_1 an der Oberfläche der Erde, g an der Oberfläche der Sonne gesetzt und in die Formel (1) eingeführt. Dieser Irrthum ist von mir bereits im Jahre 1872 in meinem Buche über die Natur der Cometen (S. 490) unter der Ueberschrift „Zur Temperatur und physischen Beschaffenheit der Sonne“ verbessert worden. Der Abdruck dieses Nachtrages folgt unten.

[2]) Zeuner, Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie. 2. Aufl. 1866. p. 165 ff.

Es bezeichne ferner:

a_1 den mittleren Barometerstand in Metern Quecksilber,

ϱ die Dichtigkeit des betrachteten Gases bei der Temperatur des schmelzendes Eises und unter dem Drucke der Quecksilbersäule a_1 an der Erdoberfläche,

σ die Dichtigkeit des im innern Raume unter dem Drucke p_i und der absoluten Temperatur t_i befindlichen Gases.

α den Ausdehnungscoëfficienten des Gases für 1° C.

In Folge des Mariotte- und Gay-Lussac'schen Gesetzes hat man alsdann noch folgende Relation:

$$\sigma = \frac{\varrho}{a_1 \alpha} \cdot \frac{p_i}{t_i} \quad \ldots\ldots (3)$$

Der Druck p_a in der Ebene der Ausströmungsöffnung mag bei den zu Grunde gelegten Annahmen als übereinstimmend mit demjenigen Drucke betrachtet werden, welchen die Atmosphäre der Sonne im Niveau der oben erwähnten Trennungsschicht, d. h. an ihrer Basis ausübt.

Bezeichnet hierbei:

p_a den Druck an der Basis der Atmosphäre,

h eine gewisse Höhe über der Basis,

p_h den Druck in dieser Höhe,

t die überall wegen mangelnder Kenntniss des Temperaturgesetzes als constant vorausgesetzte absolute Temperatur in der Atmosphäre,

g die Schwerkraft der Sonne an der Basis der Atmosphäre,

r den Radius der Trennungsschicht,

ϱ_1 das specifische Gewicht des Quecksilbers bei der Temperatur des schmelzenden Eises,

g_1 die Intensität der Schwere an der Erdoberfläche,

a_1 den mittleren Barometerstand,

ϱ die Dichtigkeit des die Atmosphäre bildenden Gases bei der Temperatur des schmelzenden Eises und unter dem Einflusse der Grössen g_1 und a_1,

so hat man nach einer bekannten Ableitung die folgende Beziehung:

$$log.\ nat. \left(\frac{p_a}{p_h}\right) = \frac{\varrho g r h}{\varrho_1 g_1 a_1 \alpha t (r+h)} \quad \ldots\ldots (4)$$

Um diese Gleichung mit den drei vorhandenen in Verbindung zu setzen, muss eine doppelte Annahme gemacht werden:

erstens, dass der wesentliche Bestandtheil der Sonnenatmosphäre, welcher den Druck p_a hervorbringt, aus demselben Gase bestehe, welches dem Innern der Sonne bei den eruptiven Protuberanzgebilden entströmt,

zweitens, dass die absolute Temperatur t der Atmosphäre wesentlich als übereinstimmend mit der absoluten Temperatur t_a im Niveau der Oeffnung bei der Ausströmung betrachtet werden kann.

Die Zulässigkeit der ersten Annahme betrachte ich mit Rücksicht auf den Zweck der vorliegenden Abhandlung als hinreichend durch die Beobachtungen gerechtfertigt, indem durch die Entdeckung der sogenannten Chromosphäre der Beweis geliefert ist, dass in der That die ganze Oberfläche der Sonne von einer sehr beträchtlichen Wasserstoffatmosphäre eingehüllt ist.

Die Berechtigung der zweiten Annahme folgere ich aus der im Allgemeinen nicht wesentlich von der Chromosphäre verschiedenen Helligkeit der Basis aller eruptiven Protuberanzgebilde. Berücksichtigt man hierbei, dass die constante Mitteltemperatur t in Formel (4), welche bei der Unkenntniss des Gesetzes der Temperaturabnahme für die mit der Höhe h sinkenden Temperaturen substituirt wird, offenbar einer der Basis nahe gelegenen Schicht entsprechen muss[1]), so wird hierdurch gleichzeitig diese

[1]) Mit Rücksicht auf die nach der Basis zunehmende Dichtigkeit der Luftschichten muss unabhängig vom besonderen Gesetz der Temperaturabnahme die in Formel (4) eingeführte Temperatur stets mit der Temperatur einer Schicht übereinstimmen, welche tiefer liegt als $\frac{h}{2}$. Dieser Unterschied, welcher, wie eine einfache Rechnung zeigt, im Allgemeinen ein sehr beträchtlicher ist, scheint mir bei den barometrischen Höhenbestimmungen, wo bekanntlich stets die Mitteltemperatur der beiden Stationen benutzt wird, gänzlich vernachlässigt zu werden und dieser Umstand in einfacher Weise gewisse in neuerer Zeit urgirte Periodicitätserscheinungen zu erklären.

Temperatur derjenigen genähert, welche der äuseren Oberfläche der Trennungsschicht angehört.

Zufolge der ersten Annahme wird die Grösse ϱ in Formel (4) identisch mit der analogen in (3) und zufolge der zweiten Annahme wird $t = t_a$

2.

Nachdem im Vorhergehenden die theoretischen Grundlagen und wesentlichsten Voraussetzungen entwickelt sind, unter denen die in Rede stehenden Phänomene an der Oberfläche der Sonne behandelt werden sollen, mag nun zunächst eine mehr dem vorliegenden Zweck entsprechende Umformung und Vereinfachung der obigen Gleichungen folgen.

Bezeichnet H die Höhe, bis zu welcher ein Körper mit der Anfangsgeschwindigkeit v an der Oberfläche der Sonne senkrecht emporgeschleudert wird, so ist, mit Berücksichtigung der Abnahme der Schwere:

$$v^2 = 2gH\frac{r}{r+H}$$

oder, da $g = 28\ g_1$:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{rH}{r+H} = \frac{v^2}{2 \cdot 28 g_1}$$

Hieraus den Werth[1]) für $\frac{v^2}{2g_1}$ in Gl. (1) substituirt, giebt:

$$t_i = \frac{28\,rHA}{\varkappa c(r+H)} + t_a$$

oder wenn man

$\frac{28.rHA}{\varkappa c(r+H)} = a$ und unserer Annahme gemäss $t_a = t$ setzt,

so erhält man für Gl. (1) die folgende:

$$t_i = a + t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(I)}$$

Man setze ferner:

$$\frac{\varkappa - 1}{\varkappa} = \frac{1}{q}$$

$$\frac{\varrho}{a_1 \alpha} = b$$

$$\frac{g}{g_1 \varrho_1} = m$$

[1]) In Metern ausgedrückt beträgt die Gravitationsconstante g an der Sonnenoberfläche 274.3^m, an der Erdoberfläche $g_1 = 9.809^m$, also $\frac{g}{g_1} = 27.97$ oder in runder Zahl 28, so dass $g = 28\ g_1$.

so verwandeln sich die Gleichungen 2, 3, 4 in die folgenden:

$$\frac{t_i}{t} = \left(\frac{p_i}{p_a}\right)^{\frac{1}{q}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(II)}$$

$$\sigma = b\,\frac{p_i}{t_i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(III)}$$

$$p_a = p_h e^{\frac{bm\,rh}{(r+h)t}} \quad \ldots\ldots \text{(IV)}$$

Durch Elimination ergiebt sich aus diesen 4 Gleichungen noch die folgende:

$$\sigma = \frac{bp_h}{a+t}\left(\frac{a+t}{t}\right)^q e^{\frac{bm\,rh}{(r+h)t}} \quad \ldots\ldots \text{(V)}$$

Diese Gleichung drückt demnach die Dichtigkeit σ der comprimirten Gasmasse nur als Function der drei Grössen p_h, h und t aus; wenn also unter den gemachten Annahmen drei der vier betrachteten Grössen durch Beobachtungen bestimmt oder an gewisse Grenzen geknüpft werden können, so ist hierdurch die vierte bestimmt. Es lassen sich nun aber in der That theils durch spectroskopische, theils durch andere Beobachtungen für die Grössen σ, p_h und h bestimmte Grenzwerthe ermitteln, so dass hierdurch auch eine Grenze für t, d. h. für die Temperatur der äusseren Wasserstoffatmosphäre in der Nähe der glühendflüssigen Trennungsschicht gewonnen wird. Dieser Werth in Gl. I substituirt, giebt dann bei bekanntem Werth von H sofort auch einen Werth für die innere Temperatur t_i, und ebenso leicht erhält man aus (III) und (IV) bestimmte Werthe für p_i und p_a.

3.

Indem ich nun zur Discussion numerischer Werthe übergehe, beginne ich mit Formel I.

Der niedrigste Werth, welchen man t beilegen kann, ist offenbar 0. Hierdurch erhält man für die innere Temperatur t_i den Minimalwerth

$$t_i = a = \frac{28.rHA}{\varkappa c(r+H)} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(5)}$$

Mit Rücksicht auf die schon in mässigem Abstande von der Sonnenoberfläche fast verschwindende Dichtigkeit der

Atmosphäre und den dadurch bedingten geringen Widerstand mag es der Einfacheit halber gestattet sein, den Werth von H gleich der mittleren Höhe der Eruptionsprotuberanzen zu setzen. Eine genauere Diskussion der Bedingungen, unter welchen man hierzu berechtigt ist, folgt weiter unten.

Es giebt nicht selten Protuberanzen von 3 Minuten Höhe; um jedoch möglichst den Grenzen einer mittleren Werthbestimmung nahe zu bleiben, will ich H nur zu 1.5 Minuten annehmen.

Das Wärmeäquivalent A setze ich unter Annahme des Meters und des Centesimalgrades als Einheiten gleich $\frac{1}{424}$. Das Product $\varkappa c$ wird nach den neueren Arbeiten Regnault's[1]) für Wasserstoff zu 3.409 angenommen. Nach Dulong[2]) ist der Werth von $\varkappa$ für Wasserstoff gleich 1.411.

Eine etwas eingehendere Discussion erfordert der numerische Werth von r. Es ist dies nach dem Früheren der Radius der Trennungsschicht, aus welcher die Protuberanzen hervorbrechen. Hier entsteht nun die Frage, ob dieser Werth mit dem Sonnenradius übereinstimmt, d. h. ob jene Trennungsschicht mit der zu unseren Messungen benutzten Grenze der leuchtenden Sonnenscheibe zusammenfällt oder nicht.

Die neueren Untersuchungen von Frankland und Lockyer, Sainte-Claire-Deville und Wüllner haben bewiesen, dass das discontinuirliche Spectrum des Wasserstoffs und anderer Gase durch Steigerung des Druckes in ein hell leuchtendes continuirliches verwandelt werden kann, wobei die hellen Linien des discontinuirlichen Spectrums bei allmälig zunehmendem Drucke sehr charakteristische Veränderungen durchlaufen, die im Wesentlichen, wie z. B. bei der Linie H_β, in einer Verbreiterung und wachsenden Unbestimmtheit der Begrenzung bestehen.

Diese Veränderungen gestatten innerhalb gewisser Grenzen auf die Grösse des Druckes an der fraglichen Stelle zu schliessen und Frankland und Lockyer haben bereits solche

[1]) Vgl. Poggendorff's Annalen Bd. LXXXIX.

[2]) *Annales de chim. et de phys. T. XLI.*

Schlüsse gewagt. Sie kommen zu den Resultat, *„that the lower surface of the chromosphere itself the pressure is very far below the pressure of the earth's atmosphere*[1]).

Die Untersuchungen Wüllner's[2]) gestatten sogar, wie ich glaube, die Annahme, dass der Druck an der Basis der Chromosphäre oder am äussersten Rande der leuchtenden Sonnenscheibe zwischen 50^{mm} und 500^{mm} eines Quecksilberbarometers an der Erdoberfläche liegen muss[3]). (Vgl. die Anmerkung.)

Demgemäss nöthigt die Anwesenheit der dunklen Linien im Sonnenspectrum auf continuirlichem Grunde nicht mehr zu der Annahme, dass dieses continuirliche Spectrum durch das Glühen eines festen oder flüssigen Körpers erzeugt werde, sondern man kann mit demselben Rechte das continuirliche Spectrum als ein durch das Glühen eines stärker comprimirten Gases entstandenes betrachten.

Wüllner hat dies sogar für die Natriumlinie experimentell bestätigt, indem er gelegentlich der angeführten Untersuchungen bemerkt:

„Bei 1230^{mm} Druck tritt das Maximum bei H_α noch weiter zurück, das ganze Spectrum ist wahrhaft blendend, es zeigt die Natriumlinien als schöne dunkle Linien,[4]) so dass also auch das Licht des Wasserstoffgases intensiv genug ist, um in einer Atmosphäre von Natriumdampf eine Fraunhofer'sche Linie zu erzeugen, ein Beweis, dass dazu nicht das Licht eines glühenden festen Körpers erforderlich ist."

---

[1]) *Proceedings of the Royal Society. Vol. XVII. Nr. 109. p. 288—291.*

[2]) Poggendorff's Annalen. Bd. CXXXVII. p. 336—361.

[3]) Vergl. l. c. p. 340 u. 345.

Anmerkung. Die oben auf Grund der Wüllner'schen Beobachtungen von mir gemachte Annahme hat sich bezüglich der numerischen Werthe durch meine theoretischen Untersuchungen „über den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase" (Berichte d. Kgl. Sächs. Ges. d. W., 2. Juni 1870) als zu hoch erwiesen. Diese Werthe müssen ausserordentlich reducirt werden, worüber sich Näheres in dem Nachtrage und der zweiten Abhandlung über die Temperatur der Sonne befindet.

[4]) In Folge der hoch gesteigerten Temperatur der Röhre verdampft aus dem Glase Natrium. Bei 1000^{mm} Druck zeigen sich die Natriumlinien noch hell (l. c. p. 345).

Hieraus folgt, dass der Halbmesser der sichtbaren Sonnenscheibe nicht mit demjenigen der supponirten Trennungsschicht als identisch betrachtet zu werden braucht, sondern dass letztere wahrscheinlich als unterhalb derjenigen Schicht liegend angesehen werden muss, wo durch gesteigerten Druck das Spectrum der Wasserstoffatmosphäre continuirlich wird. Diese Betrachtungsweise wird wesentlich gestützt, wenn man die Erscheinungen der Sonnenflecken berücksichtigt.

Wie verschiedenartig auch gegenwärtig noch die theoretischen Ansichten über die Natur der Sonnenflecke sein mögen, fast alle Beobachter stimmen im Wesentlichen darin überein, dass die Kerne der Flecken tiefer als die Umgebung liegen müssen.[1]) Diese Tiefe wird theils directen (de la Rue, Steward, Loewy), theils indirecten Beobachtungen zufolge (Faye) zu ungefähr 8″ angenommen.[2])

Betrachtet man daher die Kerne der Sonnenflecken als schlackenartige, locale Abkühlungsproducte auf einer glühendflüssigen Oberfläche, und die Penumbren als Condensationswolken, welche in einer gewissen Höhe die Küsten jener Schlackeninseln umkränzen,[3]) so empfiehlt sich als einfachste Annahme die, dass jene von dieser Theorie nothwendig geforderte flüssige Oberfläche identisch sei mit der Oberfläche der in Rede stehenden Trennungsschicht, aus welcher die Protuberanzen hervor-

[1]) Spörer dagegen sagt: „Wir betrachten die Flecke als wolkenartige Gebilde entfernt oberhalb der hellen Fläche des Sonnenkörpers. Der Hof *(penumbra)* ist nichts anderes als eine Gesammtheit kleiner Flecke, deren Zwischenräume die helle Fläche durchblicken lassen, oberhalb welcher der Fleck sich befindet.“ Vgl. Poggendorff's Annalen Bd. CXXVIII (1866) p. 270.

[2]) Faye findet aus Berechnung der Beobachtungen von Carrington diese Tiefe zu 0.005 — 0.009 des Sonnenradius. *Comptes rendus LXI. 1082 — 1090.*

[3]) Diese Theorie habe ich vor 5 Jahren in meinen Photom. Untersuchungen p. 245 angedeutet, und im vorigen Jahre in der Vierteljahrsschrift der Astr. Ges. IV. Jahrg. Heft 3 p. 172 ff. etwas ausführlicher entwickelt. Eine tiefer gehende Begründung derselben durch Erklärung aller bis jetzt entdeckten spectralanalytischen Beobachtungen an Sonnenflecken behalte ich einer demnächst erscheinenden ausführlichere n Schrift vor.

brechen. Der Radius r dieser Oberfläche würde also, mit R den beobachteten Sonnenhalbmesser in Secunden bezeichnet, annähernd sein

$$r = R - 8''$$

oder R in mittlerer Entfernung der Sonne zu 16′ angenommen:

$$r = 15' 52''$$

Nimmt man die mittlere Parallaxe der Sonne nach Hansen zu 8″.915 an, so ergiebt sich

$$r = 680\,930\,000 \text{ Meter}$$

folglich:

$$8'' = 5\,722\,500 \text{ Meter.}$$

Wir haben demnach zur numerischen Bestimmung der absoluten Minimaltemperatur in demjenigen Raume, aus welchem eine Eruption von 1.5 Minuten Höhe hervorbricht, die folgenden Werthe in Formel (5) einzuführen:

$$r = 680\,930\,000$$
$$H = 64\,370\,000$$
$$A = \frac{1}{424}$$
$$\varkappa c = 3.409$$

Man findet alsdann in runder Zahl:

$$t_i = 1\,100\,000^0$$

Setzt man für H einen doppelt so grossen Werth, nimmt also die nicht selten beobachtete Eruptionshöhe von 3 Minuten an, so ergiebt sich als Minimalwerth in runder Zahl:

$$t_i = 2\,100\,000^0$$

Es entsteht jedoch hierbei die Frage, ob wir überhaupt berechtigt sind, die Extreme beobachteter Protuberanzhöhen ohne Weiteres als Werthe von H in unsere Formeln einzuführen, in denen H die Höhe bedeutet, bis zu welcher ein von der Oberfläche der Sonne emporgeschleuderter Körper ohne Widerstand steigen würde. Wenn man es in der That, wie die Beobachtung unwiderleglich beweist, mit emporsteigenden, glühenden Wasserstoffmassen zu thun hat, so kann dieses Emporsteigen auch vermöge des Archimedes'schen Princips stattfinden, ähnlich den aus einer Esse emporsteigenden erhitzten, und dadurch specifisch leichter als ihre Umgebung gemachten Luftmassen. Es ist jedoch leicht er-

sichtlich, dass beide Bewegungsursachen bezüglich der Zeit, in welcher die bewegten Massen eine bestimmte Höhe erreichen, sehr wesentlich verschieden sind. Ohne hier auf diesen Umstand specieller einzugehen, ist es klar, dass die Zeit, welche eine Protuberanz braucht, um vermöge des Archimedes'schen Princips eine bestimmte Höhe H zu erreichen, unter allen Umständen grösser sein muss, als die von einem mit einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit ohne Widerstand bis zur gleichen Höhe H emporgeschleuderten Körper gebrauchte Zeit.

Es wird demnach eine möglichst genaue Beobachtung der Zeit, welche eine emporsteigende Protuberanz gebraucht, um eine gewisse Höhe zu erreichen, ein Kriterium bilden, ob wir diese Höhe als Wirkung der ersten Ursache zu betrachten haben oder nicht, und nur im ersten Falle darf jene Höhe als integrirender Bestandtheil der obigen Formeln benutzt werden.

Der gemachten Annahme zufolge liegt die Ausströmungsöffnung der Protuberanzen in der glühend-flüssigen Trennungsschicht in einer Tiefe $h = 8''$ unter der sichtbaren Grenze der Sonnenscheibe. Mit H wurde oben die Höhe einer Protuberanz, von der Ebene der Ausströmungsöffnung an gerechnet, bezeichnet.

Es bezeichne nun:

τ die Zeit, welche die Protuberanz gebraucht, um von der Mündung bis zur Höhe H zu gelangen,

τ_1 die Zeit, welche die Protuberanz gebraucht, um von der Höhe h, d. i. von der äusseren Grenze der Photosphäre, bis zur Höhe H zu gelangen,

v die Geschwindigkeit in der Ausströmungsöffnung,

v_1 die Geschwindigkeit in der Höhe h.

Unter Voraussetzung der ersten Ursache und mit Vernachlässigung der Abnahme der Intensität der Schwere (g) hat man die folgenden Gleichungen:

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{g}} \qquad \tau_1 = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

$$v = \sqrt{2gH} \qquad v_1 = \sqrt{2g(H-h)}$$

Setzt man:

$$H = 64\,370\,000^{m}$$
$$h = 5\,722\,600^{m}$$
$$g = 274.3^{m}$$

so ergiebt sich:

$$\tau = 11^{min.}\,25^{sec.} \qquad \tau_1 = 10^{min.}\,54^{sec.}$$
$$v = 187\,900^{m} = 25.32 \text{ geogr. Meilen}$$
$$v_1 = 179\,400^{m} = 24.17 \quad „ \quad „$$

Beobachten wir daher bei einer Protuberanz eine Geschwindigkeit des Aufsteigens von der angegebenen Grösse, so sind wir berechtigt, die nach der obigen Zeit erlangte Höhe der Protuberanz in unseren Gleichungen zu verwerthen. Ich habe eine solche Schnelligkeit der Entwickelung öfter beobachtet und erlaube mir hier die Zeichnung einer Protuberanz vorzulegen, bei welcher die beobachtete Geschwindigkeit des Emporsteigens sehr gut mit der oben gefundenen Grösse übereinstimmte. (Vgl. Taf. IV. Fig. 1 u. Taf. 2.)

Was die enormen Anfangsgeschwindigkeiten der Bewegung betrifft, so gelangt Lockyer durch seine schönen Beobachtungen der Aenderung der Brechbarkeit des Lichts auf ganz directem Wege zu Grössen von genau derselben Ordnung.

Während der kurzen Zeit dieser Gattung von Beobachtungen hat Lockyer[1]) als Maximalwerthe für die Geschwindigkeiten vertical oder horizontal bewegter Gasströme in der Chromosphäre 40 und 120 engl. Meilen in der Secunde gefunden. Die obigen Werthe in engl. Meilen ausgedrückt geben aber:

$$v = 123.1 \text{ engl. M.} \quad v_1 = 117.7 \text{ engl. M.}$$

und stimmen daher mit den Werthen Lockyer's überein.[2])

Nach der mechanischen Wärmetheorie setzen nun solche Bewegungsgrössen beim Wasserstoff mit Nothwendigkeit Temperaturdifferenzen von 46 090° C. voraus. Die Temperatur

---

[1]) *Proceed. of the R. S. Nr. 115 (1869)* und *Comptes rendus T. 69. p. 123.*

[2]) Unter Voraussetzung der Krönig-Clausius'schen Theorie der Gase kann man noch in anderer und viel einfacherer Weise Minimalwerthe der Temperatur t_i für das Innere der Sonne, d. h. für diejenigen Stellen berechnen, aus denen sich Wasserstoffströme von der oben angegebenen Ge-

selber werden wir demnach ermitteln können, wenn es uns gelingt, die Temperatur t der äusseren Wasserstoffatmosphäre an eine gewisse Grenze zu knüpfen. Weshalb diese Temperatur als annähernd übereinstimmend mit der Temperatur in der Nähe der Ausströmungsöffnung angenommen wird, ist bereits oben erörtert worden (vgl. S. 188).

4.

Ein Grenzwerth für t ergiebt sich nun aus der Discussion der Gl. V. Diese Gl. ist:

$$\sigma = \frac{bp_h}{a+t}\left(\frac{a+t}{t}\right)^q e^{\frac{bm}{(r+h)t}^{rh}}$$

Es wird hierin die Dichtigkeit σ der eingeschlossenen Gasmasse als Function der drei Grössen p_h, h und t ausgedrückt. Ich werde nun zeigen, dass der Werth von σ einen bestimmten Werth nicht überschreiten darf, wodurch indirect der Werth von t (indem die Grössen p_h und h zufolge der bereits mitgetheilten Beobachtungen innerhalb gewisser Grenzen bestimmt sind), ebenfalls an eine bestimmte Grenze gebunden ist.

---

schwindigkeit als Protuberanzen entwickeln. Nach Clausius (Abhdl. über die mechanische Wärmetheorie 2. Abthl. S. 257) beträgt nämlich die mittlere Geschwindigkeit der Wasserstoffmolecüle beim Gefrierpunkt des Wassers d. i. bei 273° absoluter Temperatur, 1844 Meter. Da sich nun die absoluten Temperaturen eines Gases wie die Quadrate der mittleren Geschwindigkeiten seiner Molecüle verhalten, so würde man unter der Annahme, dass sich bei einer Wasserstofferuption aus dem Innern der Sonne die Geschwindigkeit der Molecularbewegung vollständig in die translatorische Geschwindigkeit (v) des Gasstromes verwandelte, die folgende Proportion erhalten:

$$1844^2 : v^2 = 273^0 : t_1$$

Setzt man hierin für v den oben aus der Höhe und der direct beobachteten Geschwindigkeit gefundenen Werth $v = 187900^m$, so ergiebt sich:

$$t_1 = 2\,834\,000^0$$

also ein noch etwas grösserer Werth als der grösste der beiden oben (S. 194) gefundenen. Dass diese Temperatur einen Minimalwerth darstellt, erhellt aus der einfachen Erwägung, dass die Protuberanzen vermöge ihrer Lichtentwickelung noch einen Theil ihrer lebendigen Kraft in Form von Molecularbewegungen besitzen müssen und daher ein dieser Grösse entsprechendes Quantum mehr von lebendiger Kraft in derjenigen Tiefe des Sonnenkörpers besessen haben müssen, aus welcher sie hervorbrechen.

Es wurde schon früher hervorgehoben, dass die Erklärung der eruptiven Protuberanzgebilde nothwendig die Existenz einer Trennungsschicht voraussetzt, welche den Raum, aus welchem die Eruptionen stattfinden, von demjenigen trennt, in welchen sie sich ergiessen. Nur durch eine solche Trennungsschicht sind die hier erforderlichen Druckdifferenzen ermöglicht.

In Betreff der physikalischen Beschaffenheit der Trennungsschicht muss ferner nothwendig die Annahme gemacht werden, dass dieselbe aus einer Substanz in einem anderen als dem gasförmigen Aggregatzustande bestehe. Sie kann daher nur fest oder flüssig sein. Schliessen wir den festen Aggregatzustand mit Rücksicht auf die hohe Temperatur aus, so bleibt nur die Annahme übrig, dass die Trennungsschicht aus einer glühenden Flüssigkeit bestehe.

Bezüglich der von jener Schicht begrenzten inneren Wasserstoffmassen scheinen bei oberflächlicher Betrachtung zwei Annahmen möglich, nämlich:

1. Das ganze Innere der Sonne ist von glühendem Wasserstoffgase erfüllt, diese selbst also gleichsam eine grosse Wasserstoffblase, begrenzt von einer glühendflüssigen Hülle.
2. Die bei den Eruptionen hervorbrechenden Wasserstoffmassen sind locale Ansammlungen in blasenartigen Hohlräumen, welche sich in den an der Oberfläche gelegenen Schichten einer glühendflüssigen Masse bilden und ihre äussere Begrenzung durch wachsende Spannung des eingeschlossenen Gases durchbrechen.

Bei der ersten Annahme würde nur dann ein stabiles Gleichgewicht stattfinden können, wenn das spec. Gewicht der flüssigen Grenzschicht geringer ist, als dasjenige der sie nach Innen begrenzenden, also unmittelbar unter ihr liegenden Gasschicht[1]). Da aber die Dichtigkeit einer Gaskugel, deren Theilchen dem Newton'schen und Mariotte'schen Gesetze

[1]) Man darf hiergegen nicht das Phänomen der Blasenbildung anführen, denn eine nur oberflächliche Betrachtung zeigt, dass hier ganz andere Verhältnisse obwalten, indem die begrenzende Haut durch Molecularkräfte der Spannung der eingeschlossenen Luftmasse das Gleichgewicht hält und die gravitirende Wirkung der Theilchen gegeneinander

unterworfen sind, von Aussen nach Innen wächst, so muss das specifische Gewicht jener Grenzschicht nothwendig kleiner als das mittlere specifische Gewicht der Sonne sein; setzt man aber für das spec. Gewicht jener flüssigen Grenzschicht als oberste Grenze das mittlere spec. Gewicht der Sonne, so würde dieser Werth gleichzeitig die Annahme involviren, dass alle tieferen Schichten, also auch die zunächst darunter befindliche Gasschicht, dasselbe spec. Gewicht hätten.

Dann würde aber das Innere der Sonne nicht mehr aus einem Gase, sondern aus einer incompressiblen Flüssigkeit bestehen müssen. Alle diese Eigenschaften sind, wie man sieht, eine nothwendige Consequenz der Annahme, dass das spec. Gewicht σ der comprimirten und bei Eruptionsprotuberanzen hervorbrechenden Gasmasse seinen Maximalwerth erreicht, nämlich den des mittleren specifischen Gewichtes der Sonne.

Für diesen Fall verwandelt sich dann aber auch die erste Annahme in die zweite, nämlich in diejenige, dass die Sonne aus einer incompressiblen Flüssigkeit bestehe, in welcher in der Nähe der Oberfläche locale Ansammlungen von glühenden Wasserstoffmassen stattfinden, die aus blasenartigen Hohlräumen bei entsprechenden Druckdifferenzen als Eruptionsprotuberanzen hervorbrechen.

Wie klein auch diese Hohlräume in speciellen Fällen vorausgesetzt werden mögen, das spec. Gewicht der eingeschlossenen Gasmassen darf nicht grösser als dasjenige der einschliessenden Flüssigkeit angenommen werden, weil sonst die comprimirten Gasmassen zufolge des Archimedes'schen Princips in's Innere der Sonne hinabsinken müssten.

(Die hier in der Originalabhandlung folgenden numerischen Berechnungen habe ich aus dem bereits in der obigen Anmerkung S. 192 angeführten Grunde fortgelassen.)

---

verschwindet. In dem oben betrachteten Falle ist das Verhältniss gerade das umgekehrte: die Molecularwirkung des Stoffes ist verschwindend gegenüber der gravitirenden Wirkung der Masse.

5.

Ein überraschendes Resultat ergiebt sich, wenn man unter Voraussetzung einer Stickstoff- oder Sauerstoffatmosphäre von gleichem Gewicht und gleicher Temperatur wie die oben betrachtete Wasserstoffatmosphäre, den Druck berechnet, welcher bei jenen Atmosphären in derjenigen Höhe stattfindet, wo das Wasserstoffspectrum continuirlich zu werden beginnt. Nimmt man daher in einer Tiefe von 8″ unter dem sichtbaren Rande der Sonnenscheibe, d. h. im Niveau der supponirten Trennungsschicht, den Druck jener drei Atmosphären von Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff als gleich an, und zwar zu $p_a = 184\,000$[1]) Atmosphären, ein Werth, welcher dem Obigen zufolge dem angenommenen Werthe von p_h entspricht, so ergeben sich bei der oben gefundenen Temperatur $t = 27\,700^0$ für die Grössen des Druckes an der Oberfläche der sichtbaren Sonnenscheibe in den drei Atmosphären die folgenden Werthe:

Wasserstoff $p_h = 180$ Millimeter

Stickstoff $p_h = 323.\frac{1}{10^{78}}$ „

Sauerstoff $p_h = 124.\frac{1}{10^{88}}$ „

Es folgt hieraus, dass unter den gemachten Annahmen die Quantitäten der letzten beiden Gase in derjenigen Schicht als vollkommen verschwindend im Vergleich zur Quantität des Wasserstoffes zu betrachten sind, wo das Spectrum des Letzteren continuirlich wird. Es würde dies, wie man sieht, auch noch dann der Fall sein, wenn man die Gewichte der beiden Atmosphären viele Millionen Male grösser annähme, obgleich mit Berücksichtigung der specifischen Gewichte beim Stickstoff schon eine 14 Mal, beim Sauerstoff eine 16 Mal kleinere Gewichtsmenge genügen würde, um die Dichtigkeit dieser beiden Gase unter den angenommenen Bedingungen

[1]) Auch wenn man die hier angenommenen numerischen Werthe späteren Ergebnissen entsprechend ändert, so bleiben die wesentlichen Resultate der obigen Betrachtungen dieselben.

an der Basis mit derjenigen des Wasserstoffs übereinstimmend zu machen. Als Maximalwerth der Dichte an der Basis dieser Atmosphären müsste unseren obigen Betrachtungen zufolge auch hier das mittlere specifische Gewicht der Sonne angenommen werden, und es ist mit Hülfe von Formel III und den bekannten specifischen Gewichten des Sauerstoffs und Stickstoffs leicht zu berechnen, wie gross die Gewichte jener beiden Atmosphären vorausgesetzt werden müssten, um diesen Maximalwerth zu erreichen.

Es ergiebt sich, dass das Gewicht der Sauerstoffatmosphäre nur 0.56, dasjenige der Stickstoffatmosphäre aber 0.64 von dem Gewichte der vorhandenen Wasserstoffatmosphäre betragen dürfte.

Nimmt man daher die gleichzeitige Anwesenheit dieser drei Gase auf der Sonnenoberfläche an und lässt zunächst den Einfluss der atmosphärischen Bewegung unberücksichtigt, so würden die von den mit continuirlichem Spectrum leuchtenden Wasserstoffschichten ausgesandten Strahlen auf ihrem Wege zu unserem Auge nur eine so geringe Menge von glühenden Stickstoff- und Sauerstofftheilchen durchsetzen, dass die hierdurch erzeugte Absorption eine verschwindende und daher, wie dies in der That der Fall ist, die Anwesenheit des Sauerstoffs und Stickstoffs im Sonnenspectrum durch dunkle Linien nicht nachweisbar sein könnte.

Obgleich nun die Bewegung der Gase die hier besprochenen Verschiedenheiten zu vermindern bestrebt ist, so beweist doch die Existenz der Chromosphäre den geringen Einfluss dieser Wirkung in Folge der grossen Intensität der Schwere und der bedeutenden Höhe der betrachteten Schicht (vgl. Formel 4).

Um jedoch durch den angedeuteten Umstand die Abwesenheit von Linien zweier auf der Erde so allgemein verbreiteter Körper wie Stickstoff und Sauerstoff im Sonnenspectrum zu erklären, muss man ausserdem das sehr geringe Emissionsvermögen der permanenten Gase im Verhältniss zu dem der verflüchtigten festen Körper berücksichtigen. Bezieht man das Emissionsvermögen verschiedener Gase bei gleicher Temperatur für Strahlen derselben Brechbarkeit auf gleiche, sehr

kleine Gewichtsmengen dieser Gase[1]), so giebt der oben S. 192 mitgetheilte Versuch von Wüllner, wo die geringen Mengen des in der Geissler'schen Röhre verdampften Natriums noch mehr Licht aussandten als das bis auf 1000^{mm} Druck comprimirte Wasserstoffgas, einen schönen Beweis von der ausserordentlichen Verschiedenheit des Emissions- und demgemäss nach dem Kirchhoff'schen Satze auch des Absorptionsvermögens verschiedener Gase bei derselben Temperatur. Erst durch Berücksichtigung dieses Umstandes wird der Widerspruch beseitigt, welcher gegen die obige Erklärung für die Abwesenheit der Stickstoff- und Sauerstofflinien aus der Thatsache abgeleitet werden könnte, dass im Sonnenspectrum die Linien von Stoffen vorhanden sind, deren Dampfdichten in Folge ihrer einfachen Relation zu den Atomgewichten beträchtlich viel grösser als die Dichte des Sauerstoffs und Stickstoffs sein müssen.

Aus diesen Betrachtungen ergeben sich theils unmittelbar, theils mittelbar durch längere Schlussreihen, deren ausführlichere Darlegung ich mir an einem andern Orte vorbehalte, die folgenden Sätze:

1. Aus dem Mangel von Linien in dem Spectrum eines selbstleuchtenden Gestirnes darf nicht auf die Abwesenheit des entsprechenden Stoffes geschlossen werden.

2. Die Schicht, in welcher die Umkehrung des Spectrums stattfindet, ist für jeden Stoff eine andere; sie liegt dem Mittelpunkte des Gestirnes um so näher, je grösser die Dampfdichte und je kleiner das Emissionsvermögen des betreffenden Stoffes ist.

3. Bei verschiedenen Gestirnen liegt, unter übrigens gleichen Umständen, diese Schicht dem Mittelpunkte um so näher, je grösser die Intensität der Schwere ist.

---

[1]) Es wird hierbei eine vollkommene Durchstrahlbarkeit der Gasmasse für die von ihr ausgesandten Strahlen angenommen, eine Annahme, die der Wahrheit um so näher kommt, je kleiner die verglichenen Gewichtsmengen sind.

4. Die Abstände der Umkehrungsschichten der einzelnen Stoffe, sowohl vom Mittelpunkte des Gestirnes als auch untereinander, wachsen mit steigender Temperatur.

5. Die Spectra verschiedener Sterne sind unter übrigens gleichen Umständen um so linienreicher, je niedriger ihre Temperatur und je grösser ihre Masse ist.

6. Die grosse Intensitätsverschiedenheit der dunklen Linien im Spectrum der Sonne und anderer Fixsterne hängt nicht nur von den Unterschieden des Absorptionsvermögens, sondern auch von den verschiedenen Tiefen ab, in welchen die Umkehrung der betreffenden Spectra stattfindet.

Es seien mir schliesslich noch einige Bemerkungen gestattet, welche sich auf die Anwendung der mit verdünnten Gasen angestellten Beobachtungen auf die Himmelskörper beziehen. Erst kürzlich ist von Lecoq de Boisbaudran[1]) mit Rücksicht auf die Wüllner'schen Untersuchungen über die Variabilität der Spectra durch Druck- und Temperaturveränderungen darauf hingedeutet worden, dass nur mit grosser Vorsicht die hier erlangten Resultate auf die Druckverhältnisse der Sonnenatmosphäre übertragen werden dürften, indem die Veränderungen der Spectra weit mehr durch die Temperatur als durch den Druck bedingt wären. Aber selbst unter der Annahme, dass sich diese Vermuthung durch besondere Versuche bestätigen sollte, würde dieser Umstand die in vorliegender Abhandlung entwickelten Resultate nur in geringem Grade beeinflussen können. Denn die Beschaffenheit derjenigen Funktion (Formel V), welche uns oben S. 190 zur Ermittelung der Temperatur der Atmosphäre gedient hat, ist eine solche, dass der Druck p_h, bei welchem das Wasserstoffspectrum continuirlich wird, innerhalb sehr weiter Grenzen verändert werden kann, ohne hierdurch beträchtliche Aenderungen der erforderlichen Temperatur zu bedingen.

---

[1]) *Comptes rendus. T. LXX. p. 1091.* (16. Mai 1870.)

Nichtsdestoweniger muss die Trennung der Einflüsse, welche Druck und Temperatur auf die Beschaffenheit des Spectrums leuchtender Gase ausüben, als eine Aufgabe angesehen werden, deren Lösung für die Astrophysik von höchster Bedeutung ist.

Vielleicht gelingt es mit Anwendung des bekannten galvanischen Erwärmungsgesetzes und des Gesetzes von Gay-Lussac, den Druck des Gases durch Veränderung des Quecksilberniveaus so zu reguliren, dass die bei einer stärkeren Entladung durch die Temperatur erzeugte Druckerhöhung durch eine bereits vor der Entladung bewirkte Druckverminderung compensirt wird. Auf diese Weise würde man den Druck constant erhalten und, ohne die Temperatur selbst zu kennen, doch deren Veränderungen allein bezüglich ihrer Einwirkung auf das Spectrum untersuchen können. Hierbei wird von den während der kurzen Dauer der Entladung stattfindenden Wärmeverlusten durch Leitung und Strahlung abgesehen, und daher annähernd die im Stromkreise entwickelte Wärmemenge proportional der Temperatur der glühenden Gasmasse gesetzt. Ist diese Masse bekannt, so würde durch Ermittelung der Zeit und Wärmemenge der Entladung auch eine obere Grenze für die absolute Temperatur des glühenden Gases berechnet werden können.

Nachtrag.

(Abdruck aus meinem Buche über die Natur der Cometen 2. Aufl. 1872.)

Es sei mir gestattet, hier einer unstatthaften Auffassung meiner Abhandlung „Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne“ (Berichte der Kön. Sächs. Ges. d. W. 1870. Juni 2) entgegenzutreten. Der dort angedeutete Weg, die Temperatur der Sonne an der Oberfläche und in einer gewissen Tiefe unter derselben zu bestimmen, sollte durch Einsetzung numerischer Werthe in die Formeln

mehr erläutert als zu einer wirklichen Temperaturbestimmung der Sonne benutzt werden. Von einer Temperatur der Sonne zu reden, ohne den Abstand der Schicht oder des Ortes vom Centrum zu bezeichnen, hat ebenso wenig einen Sinn, als von der Temperatur der Erde ohne genauere Angabe jener räumlichen Verhältnisse zu sprechen. Die Vernachlässigung dieser Angaben ist nur bei so kleinen Körpern gestattet (z. B. bei einer Metallkugel von etwa ein Zoll Durchmesser), wo mit Rücksicht auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärme durch Leitung der Einfluss jener Unterschiede verschwindet.

Ich habe die für die äussere und innere Temperatur der Sonne gefundenen Werthe ausdrücklich geschieden und besonders den ersteren als einen Minimalwerth bezeichnet, und so die Existenz viel höherer Temperaturen in grösseren Tiefen und im Innern der Sonne principiell und selbstverständlich vorausgesetzt. Da mir bei Abfassung jener Abhandlung die Beziehungen zwischen dem Einfluss der Dichtigkeit und Dicke der durchstrahlten Schichten glühender Gase auf das Spectrum noch unbekannt waren, so hatte ich für den Druck an der Basis der Chromosphäre einen von Wüllner für die Continuität des Wasserstoff-Spectrums gefundenen Werth angenommen.

Berücksichtigt man aber die durch meine Abhandlung „Ueber den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase“ [1]) (Berichte der Kön. Sächs. Ges. d. W. 31. Oct. 1870) veränderten Anschauungen, so muss in jenem Abstande von der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche, wo das discontinuirliche Spectrum der Chromosphäre beginnt, die ganze ungeheure Schicht von glühendem Wasserstoff, welche unsere Gesichtslinie in jenem Abstande durchschneidet, etwa ebenso durchsichtig sein, wie in einer Geissler'schen Röhre der Wasserstoff in dem engen Canale von circa ein Millimeter Dicke. Die Berücksichtigung dieser Beziehungen, die eine unmittelbere Folge des von mir a. a. O. bewiesenen Satzes von der Aequivalenz der Dicke und Dichte

[1]) Vgl. den folgenden Abdruck dieser Abhandlung.

leuchtender und absorbirender Gase ist, verringern den Druck an der Basis der Chromosphäre unter Voraussetzung der früher angenommenen Verhältnisse auf ungefähr $0.625.\frac{1}{10^{11}}$ Millimeter des irdischen Barometerdruckes.

Berücksichtigt man ferner, dass das g in Formel 1 (Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne S. 186) nicht, wie dort irrthümlich angegeben, das g auf der Sonne, sondern das auf A, also auf die Erde bezügliche g ist,[1]) so würden sich (für Eruptionen von 1.5 Minuten Höhe) die numerischen Resultate der entwickelten Theorie unter den gemachten Voraussetzungen folgendermassen gestalten:

Temperatur an der glühend-flüssigen Oberfläche der Sonne: 13230° C.

Temperatur in einer Tiefe von 2317 geographischen Meilen oder $^1/_{40}$ des Sonnenhalbmessers unter der glühend-flüssigen Oberfläche der Sonne: 1 112 000° C.

Setzt man die Zunahme der Temperatur von der Oberfläche nach dem Innern für die betrachtete Schicht proportional der Tiefe voraus, so ergiebt sich für die Temperatur in einer Tiefe von 139 geographischen Meilen unter der Oberfläche, d. h. in derjenigen Tiefe, aus welcher nach der früheren Rechnung die Eruptionen von 1.5 Minuten hervorbrechen, der Werth von 78 560°, also eine Zahl, die innerhalb der hier nothwendig stattfindenden Unsicherheit von der früher gefundenen nicht wesentlich abweicht.

Der Druck (p_i) in der oben erwähnten Tiefe von 2317 geographischen Meilen, aus welcher Eruptionen von 1.5 Minuten hervorbrechen, beläuft sich auf 66 815 000 Atmosphären, dagegen wird der Druck der Wasserstoffatmosphäre (nicht der Sonnenatmosphäre, die noch aus vielen anderen Stoffen besteht und selbstverständlich einen viel grösseren Druck ausüben muss), an der glühend-flüssigen Sonnenober-

[1]) Auf diesen Umstand wurde ich bei der diesjährigen Astronomenversammlung (1871 in Stuttgart) durch die Güte eines Heidelberger Docenten aufmerksam gemacht, dem ich dafür auch öffentlich meinen Dank ausspreche.

fläche 17.5 Atmosphären, so dass die Druckdifferenz zwischen äusserem und innerem Druck gegenwärtig eine viel beträchtlichere wird.

Man sieht aus diesen Angaben von Minimalwerthen, dass es sich bei der grossen Ungenauigkeit der zu diesen Berechnungen nothwendigen empirischen Daten vorläufig nur darum handeln kann, ganz rohe Näherungswerthe zu erhalten, welche nicht sowohl die fraglichen Temperaturgrössen selbst als vielmehr nur die Ordnung derselben feststellen.

Genauere und allgemeine Temperaturbestimmungen der Sonne und Fixsterne werden sich erst auf Grund von photometrischen Beobachtungen gleicher Theile zweier Spectra bewerkstelligen lassen (von denen das eine einem Körper von bekannter Temperatur angehört), wenn die analytische Form der Kirchhoff'schen Function ermittelt sein wird.

Ueber den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math.-phys. Classe am 31. October 1870.)

1.

Jeder gasförmige Körper kann mit Rücksicht auf die von ihm ausgesandten Strahlen in zwei, wesentlich von einander verschiedenen Zuständen existiren. In dem einen lassen sich die Strahlen in ein sogenanntes discontinuirliches Spectrum mit stark hervortretenden Maximis der Helligkeit, in dem andern Zustande in ein continuirliches Spectrum ausbreiten.

Beide Zustände sind, analog den Aggregatsuztänden, nur Functionen des Druckes und der Temperatur. Durch die Untersuchungen von Frankland, Wüllner u. A. ist erwiesen, dass im Allgemeinen durch Steigerung der Temperatur und des Druckes der spectral-discontinuirliche Zustand in den spectral-continuirlichen Zustand übergeht. Beiden Zuständen gemeinsam ist jedoch die Transparenz des glühenden Körpers und eine genauere Berücksichtigung dieser Eigenschaft in Verbindung mit Eigenschaften der von Kirchhoff in seiner Abhandlung: „Ueber das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper, für Wärme und Licht“[1]) mit J bezeichneten Function ist, wie ich glaube, ausreichend, um folgende Erscheinungen zu erklären:

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. CIX. p. 291 ff.

1. Die Verbreiterung der Linien discontinuirlicher Gasspectra durch Steigerung des Druckes.
2. Die Verwandlung eines discontinuirlichen Spectrums in ein continuirliches durch Steigerung des Druckes.
3. Die Continuität der Spectra glühender Körper im festen oder flüssigen Aggregatzustande.
4. Die Abhängigkeit des Intensitätsverhältnisses zweier Spectrallinien vom Druck.
5. Die Abhängigkeit der Spectra verschiedener Ordnung von der Temperatur.

2.

Es bezeichne:

E_λ eine homogene Lichtmenge von der Wellenlänge λ, welche von der Flächeneinheit einer ebenen, unendlichgrossen leuchtenden Gasschicht von der Einheit der Dicke senkrecht ausgestrahlt wird.

A_λ Die von dieser Schicht absorbirte Lichtmenge von derselben Wellenlänge in Theilen der auffallenden Lichtmenge.

Denkt man sich eine beliebige Anzahl m solcher Schichten hintereinander befindlich und berechnet diejenige Lichtmenge E_{λ_m}, welche von der Flächeneinheit der auf diese Weise gebildeten Schicht von der Dicke m senkrecht ausgestrahlt wird, so erhält man hierfür den folgenden Ausdruck:

$$E_{\lambda_m} = \frac{1-(1-A_\lambda)^m}{A_\lambda} \cdot E_\lambda \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Bezeichnen $E_{\lambda_,}$ und $A_{\lambda_,}$ die entsprechenden Grössen für eine von der obigen nur sehr wenig verschiedene Wellenlänge $\lambda_,$, so dass bei Ausbreitung der von der betrachteten Gasschicht ausgesandten Lichtmenge zu einem Spectrum die Werthe λ und $\lambda_,$ zwei unmittelbar benachbarten Stellen des Spectrums entsprechen, so hat man:

$$E_{\lambda,m} = \frac{1-(1-A_{\lambda_,})^m}{A_{\lambda_,}} \cdot E_{\lambda_,}$$

Es bedarf nicht der besonderen Erwähnung, dass im concreten Falle, wo die Breite der verglichenen Spectraltheile nicht un-

endlich klein sein darf, die Werthe von λ und $\lambda_,$ als Mittelwerthe für die aneinander grenzenden schmalen Lichtstreifen im Spectrum aufzufassen sind. Für das Helligkeitsverhältniss dieser benachbarten Stellen des Spectrums erhält man demnach, wenn $\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = J_\lambda$ und $\frac{E_{\lambda_,}}{A_{\lambda_,}} = J_{\lambda_,}$ gesetzt wird:

$$\frac{E_{\lambda_m}}{E_{\lambda_,m}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^m]\, J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_,})^m]\, J_{\lambda_,}} \quad \ldots \quad (2)$$

3.

Die Grössen J_λ und $J_{\lambda_,}$ sind zwei Werthe des Verhältnisses des Emissions- und Absorptionsvermögens für zwei sehr wenig von einander verschiedene Werthe der Wellenlänge bei derselben Temperatur. Diese Grösse, multiplicirt mit einer Constanten, ist aber nichts anderes als die von Kirchhoff in der oben erwähnten Abhandlung mit J bezeichnete Function der Wellenlänge und Temperatur.

Diese Function besitzt folgende bemerkenswerthen Eigenschaften:

1. J ist unabhängig von den besonderen Eigenschaften der Körper (vgl. Kirchhoff, l. c. S. 392).
2. Für eine constante Temperatur, also bei ein und demselben Spectrum, ändert sich J continuirlich mit der Wellenlänge bis zu demjenigen Werthe der letzteren, wo J verschwindet (ibid. S. 393).
3. „Mit dem höchsten Grade der Wahrscheinlichkeit lässt sich auch aussprechen, dass die Function J bei gleichbleibender Temperatur keine stark hervortretenden Maxima oder Minima darbietet, wenn die Wellenlänge sich ändert“ (ibid. S. 393).

Aus den beiden letzten Eigenschaften der Function J folgt, „dass, wenn in dem Spectrum eines glühenden Körpers Sprünge, stark hervortretende Maxima oder Minima sich zeigen, das Absorptionsvermögen desselben, als Function der Wellenlänge der auffallenden Strahlen betrachtet, Sprünge, stark hervortretende Maxima oder Minima bei denselben Werthen der Wellenlänge haben muss.“

Mit Hülfe dieses Satzes schliesst Kirchhoff theoretisch auf die Möglichkeit der Umkehrung der discontinuirlichen Flammenspectra, und da dieser Schluss durch die Beobachtung bestätigt wird, so kann hierin auch umgekehrt eine empirische Verification der erwähnten beiden Eigenschaften der Function J erblickt werden.

Es folgt hieraus, dass im vorliegenden Falle die beiden Werthe $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ und $\frac{E_{\lambda_,}}{A_{\lambda_,}}$ für die nur wenig von einander verschiedenen Werthe λ und $\lambda_,$ ebenfalls nur wenig von einander verschieden sein können.

Da nun in dem obigen Ausdruck (2) die Grössen A_λ und $A_{\lambda_,}$, ihrer Definition gemäss, nur positiv und nie grösser als Eins sein können, und demgemäss $1-A_\lambda$ und $1-A_{\lambda_,}$ stets ächte Brüche sein müssen, so convergirt jener Ausdruck für wachsende Werthe von m oder von A nach einer Grenze, die entweder für $m=\infty$ oder für $A_\lambda=A_{\lambda_,}=1$ erreicht wird.

Für diese beiden Fälle ist dann einfach:

$$\frac{E_{\lambda,m}}{E_{\lambda,m}} = \frac{J_\lambda}{J_{\lambda_,}}$$

In Worten lässt sich dies folgendermassen ausdrücken:

Das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarten Stellen eines discontinuirlichen Spectrums nimmt bei Vermehrung der leuchtenden Schichten oder bei Vergrösserung des Absorptionscoëfficienten derselben Schicht stetig bis zu demjenigen Werthe ab, welcher für dieselbe Wellenlänge und dieselbe Temperatur dem continuirlichen Spectrum eines für die gegebene Dicke vollkommen undurchsichtigen und schwarzen Körpers entspricht.

Diese Abnahme des Helligkeitsverhältnisses zweier unmittelbar aneinander grenzenden Theile des Spectrums bei gleichzeitiger Zunahme ihrer Helligkeit muss sich dem Auge nothwendig zunächst als eine Verbreiterung der betreffenden Linie durch abnehmende Schärfe ihrer Ränder und dann allmälig als beginnende Continuität des ganzen Spectrums bemerklich machen.

4.

Es lässt sich nun zeigen, dass unter übrigens gleichen Umständen die Zunahme der Dichtigkeit eines leuchtenden Gases ganz dieselbe Wirkung wie die oben behandelte Vermehrung der Schichten hervorbringen muss.

Betrachtet man nämlich die durch Absorption erzeugte Abschwächung eines Lichtstrahls als die Wirkung einer bestimmten Summe von Theilchen, auf welche der Strahl bei seinem Durchgange durch das absorbirende Medium trifft, so ist die so erzeugte Grösse der Absorption nur abhängig von der Anzahl und nicht von der Vertheilung der wirkenden Theilchen, so lange man dieselben bezüglich ihrer absorbirenden Wirkung als unabhängig von ihrem Abstande voraussetzt[1]). Diese Voraussetzung wird aber um so wahrscheinlicher, je weiter die einzelnen Theilchen des absorbirenden Mediums von einander getrennt sind, d. h. je geringer die Dichte desselben ist. Wenn demnach die Dichte eines solchen Mediums verändert wird, so hat der hindurchgehende Strahl bei gleicher Länge seines Weges eine andere

---

[1]) Um die Zulässigkeit dieser Voraussetzung in einem gegebenen Falle, z. B. bei der Auflösung einer färbenden Substanz, in verschiedenen Quantitäten des Lösungsmittels durch den Versuch zu prüfen, darf bei den erforderlichen photometrischen Messungen nur homogenes, durch Benutzung schmaler Streifen eines Spectrums erhaltenes Licht angewandt werden. Die Anwendung gefärbter Gläser muss hierzu *a priori* als unzulässig betrachtet werden, da dieselben strenge genommen stets alle Strahlen nur mit verschiedener Intensität hindurchlassen, so dass für eine hinreichend geringe Lichtmenge oder genügende Dicke des Glases die am stärksten abgeschwächten Strahlen für das Auge weniger oder gar nicht wahrnehmbar sind.

Bezeichnet J_λ die in einem gegebenen Spectrum der Wellenlänge λ zugehörige Intensität, A_λ den Absorptionscoëfficienten eines gefärbten Mediums für dieselbe Wellenlänge und die Einheit der Dichte, so lässt sich die vom ganzen Spectrum ausgesandte Lichtmenge als der Werth des folgenden Integrals darstellen

$$\int d\lambda J_\lambda (1 - A_\lambda)$$

wo J_λ und A_λ Functionen von λ sind und das Integral über alle dem Spectrum entsprechenden Werthe von λ auszudehnen ist.

Anzahl absorbirender Theilchen zu passiren, und es ist leicht ersichtlich, dass unter der gemachten Annahme diese Anzahl sich proportional der Dicke ändern muss.

Bezieht man demnach die Werthe A_λ und $A_{\lambda,}$ in den obigen Ausdrücken gleichzeitig auf die Einheit der Dichte, so wird die von derselben Schicht bei der Dichtigkeit σ hindurchgelassene Lichtmenge in Theilen der auffallenden ausgedrückt durch $(1-A_\lambda)^\sigma$ und $(1-A_{\lambda,})^\sigma$, folglich die absorbirten Lichtmengen durch:

$$1-(1-A_\lambda)^\sigma = A_{\lambda\sigma}$$
$$1-(1-A_{\lambda,})^\sigma = A_{\lambda,\sigma}$$

Analog der Absorption beziehe man nun auch E_λ und $E_{\lambda,}$ auf die bei der Einheit der Dichte ausgesandte Lichtmenge und bezeichne demgemäss mit $E_{\lambda\sigma}$ und $E_{\lambda,\sigma}$ die der Dichte σ entsprechenden Lichtmengen jener Schicht. Da die Temperatur und Wellenlänge bei diesen Veränderungen als constant vor-

---

Bei einer andern Dichte σ des absorbirenden Mediums verwandelt sich das Integral unter Voraussetzung des Absorptionsgesetzes in das folgende:

$$\int d\lambda J_\lambda (1-A_\lambda)^\sigma$$

Für einen bestimmten Werth von σ liesse sich nun zwar stets der Werth eines mittleren Absorptionscoëfficienten B finden, vermöge dessen die folgende Gleichung besteht:

$$\int d\lambda J_\lambda (1-A_\lambda)^\sigma = (1-B)^\sigma \int d\lambda J_\lambda$$

Man sieht indessen, dass diese Gleichheit bei constantem Werth von B nicht für andere Werthe von σ stattfinden kann. Es ist deshalb unzulässig, mit Hülfe eines solchen mittleren Absorptionscoëfficienten unter Anwendung des obigen Absorptionsgesetzes die bei verschiedenen Concentrationen von einer gefärbten Flüssigkeit hindurchgelassenen Lichtmengen berechnen und auf den Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung Schlüsse gründen zu wollen. Solche Schlüsse würden nur dann von Werth sein, wenn die Veränderung der Dicke der durchstrahlten Schicht bei constanter Concentration eine andere Wirkung als die in demselben Verhältniss veränderte Concentration bei constanter Dicke der Schicht erzeugte. Durch derartige Versuche würde sich am einfachsten nur durch Beobachtungen entscheiden lassen, ob die absorbirende Wirkung der einzelnen Elemente eines absorbirenden Mediums abhängig von ihrem Abstande ist oder nicht. (Vgl. Poggendorff's Annalen Bd. CXLI. p. 69 ff.)

ausgesetzt worden sind, so müssen nach den oben erwähnten Eigenschaften der Kirchhoff'schen Function folgende Gleichungen bestehen:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{A_{\lambda\sigma}} = \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$
$$\frac{E_{\lambda,\sigma}}{A_{\lambda,\sigma}} = \frac{E_{\lambda,}}{A_{\lambda,}}$$

Führt man daher für $A_{\lambda\sigma}$ und $A_{\lambda,\sigma}$ die obigen Werthe ein und setzt wieder:

$$\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = J_\lambda$$
$$\frac{E_{\lambda,}}{A_{\lambda,}} = J_{\lambda,}$$

so erhält man für das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarter Stellen des Spectrums als Function der Dichte des glühenden Gases den folgenden Ausdruck:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda,})^\sigma]J_{\lambda,}} \quad \ldots\ldots (3)$$

Da bei constanter Temperatur der Werth von σ sich proportional dem Drucke ändert, so zeigt diese Formel, dass bei steigendem Drucke eine Verbreiterung der Spectrallinien stattfinden muss, welche allmälig in die Continuität des ganzen Spectrums übergeht.

Uebrigens muss hierbei bemerkt werden, dass diese Erscheinungen innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von der besonderen Beschaffenheit der Function sind, nach welcher sich der Absorptionscoëfficient einer Substanz mit ihrer Dichtigkeit ändert, so lange man nur voraussetzt, dass dieser Coëfficient mit zunehmender Dichte stetig wächst und nach dem Werthe Eins convergirt. Grösser als Eins kann dieser Werth nicht werden, ohne seiner Definition zu widersprechen. Deshalb kann der Absorptionscoëfficient einer Substanz auch nicht fortdauernd proportional der Dichte wachsen, weil sonst für einen bestimmten Werth der letzteren der erwähnte Fall eintreten würde.

Berücksichtigt man nun, dass bei Körpern im flüssigen oder festen Zustande die Werthe der Absorptionscoëfficienten A_λ ausserordentlich viel

grösser als bei gasförmigen Körpern sind, so erklärt sich, weshalb die Spectra der dichteren Körper im Allgemeinen continuirliche sein müssen.

Wenn die verglichenen Theile des Spectrums nicht benachbarte sind, sondern λ und $\lambda_,$ zwei hinreichend entfernten Spectrallinien angehören, so zeigt die vorstehende Formel, dass auch dieses Verhältniss eine Function des Druckes ist, welche bei stetem Wachsen des letzteren sich stetig dem Grenzwerth $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}}$ nähert.

5.

Um die erlangten Resultate an einem Beispiele durch numerische Werthe zu erläutern, mögen in der Formel (3)

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]\,J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda,})^\sigma]\,J_{\lambda,}}$$

für die Grössen A_λ, $A_{\lambda,}$, $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}}$ bestimmte Werthe eingesetzt und dann für verschiedene Werthe von σ die Grössen $\frac{E_\lambda}{E_{\lambda,}}$ berechnet werden.

Man setze:

$$A_\lambda = 0.100$$
$$A_{\lambda,} = 0.005$$

Für unmittelbar aneinander grenzende Theile des Spectrums ist der Werth:

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}} = 1$$

Für entferntere Theile, z. B. für die Linien C und F des Wasserstoffes, setze man:

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}} = 0.25$$

während man die obigen Werthe von A_λ und $A_{\lambda,}$ der Einfachheit halber beibehält. Unter diesen Annahmen findet man für steigende Werthe von σ die folgenden Reihen für das Helligkeitsverhältniss der betrachteten Theile des Spectrums:

Helligkeitsverhältniss

benachbarter Theile eines getrennter Theile

$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda'}} = 1$ Spectrums $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda'}} = 0.25$

bei verschiedenem Druck.

σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda'\sigma}}$	σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda'\sigma}}$
1	20.0	1	5.00
10	13.3	10	3.33
20	9.2	20	2.30
30	6.8	30	1.70
40	5.3	40	1.33
50	4.5	50	1.13
60	3.8	60	0.95
70	3.4	70	0.85
80	3.0	80	0.75
90	2.7	90	0.67
100	2.5	100	0.63
200	1.6	200	0.40
300	1.3	300	0.32
400	1.2	400	0.30
500	1.1	500	0.28

In dem zuerst betrachteten Falle würde also für den Werth $\sigma = 1$ die untersuchte Spectrallinie 20mal heller als ihre unmittelbare Umgebung erscheinen und sich daher für das Auge als eine scharfe helle Linie vom dunklen Grunde abheben können. Entspräche dem Werthe $\sigma = 1$ z. B. der Druck von 1^{mm} Quecksilber in einer Geissler'schen Röhre, so würde bei einer Steigerung des Druckes bis auf 500^{mm} die Helligkeit der unmittelbar der Linie benachbarten Theile des Grundes zur Helligkeit jener Linie nur noch im Verhältniss von 10 zu 11 stehen, so dass die letztere schon stark verbreitert und an den Rändern verwaschen erscheinen müsste.

Der zweite Fall zeigt, dass verschiedene Theile des Spectrums durch Compression des glühenden Gases ihr Helligkeitsverhältniss umkehren können.

Beim Beginn der Compression ist in dem angeführten Beispiele die Helligkeit $E_{\lambda\sigma}$ einer Linie von der Wellenlänge λ fünf mal grösser als die Helligkeit $E_{\lambda'\sigma}$ einer der Wellenlänge λ' zugehörigen Linie. Wird der Druck auf das Fünfzigfache gesteigert, so ist die Helligkeit beider Linien fast gleich. Wächst aber der Druck noch weiter bis zum Fünfhundert-

fachen seines ursprünglichen Werthes, so ist die anfangs dunklere Linie fast vier mal heller als die andern.

Nimmt die Dichtigkeit σ stetig bis 0 ab, so nähert sich das Helligkeitsverhältniss dem Werthe $\frac{a}{a}$. Differentiirt man Zähler und Nenner des Ausdrucks für $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}}$ nach σ und setzt $\sigma = 0$, so findet man für jenen Grenzwerth

$$\frac{J_\lambda \log_n (1-A_\lambda)}{J_{\lambda,} \log_n (1-A_{\lambda,})}.$$

Beziehen sich J_λ und $J_{\lambda,}$ auf benachbarte Werthe von λ, so dass $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}} = 1$ gesetzt werden kann, so findet man, dass bei fortdauernder Abnahme von σ der Contrast, mit welchem sich eine helle Linie vom Grunde abhebt, asymptotisch einem Maximalwerth genähert wird, welcher durch

$$\frac{\log_n (1-A_\lambda)}{\log_n (1-A_{\lambda,})}$$

ausgedrückt ist. Für die oben angenommenen Werthe von A_λ und $A_{\lambda,}$ würde dieser Werth 20.8 sein, und daher nur noch wenig von demjenigen Werthe abweichen, welchen das Helligkeitsverhältniss schon für $\sigma = 1$ annimmt.

6.

Die bisherigen Betrachtungen erstreckten sich auf die Veränderungen des Intensitätsverhältnisses zweier verschiedener Theile des Spectrums. Die entwickelten Formeln geben aber auch Rechenschaft von den Intensitätsveränderungen, welche ein und dieselbe Stelle des Spectrums bei constanter Temperatur durch Veränderungen des Druckes erleidet.

Der Ausdruck für die einer bestimmten Wellenlänge λ zugehörige Helligkeit bei der Dichtigkeit σ des glühenden Gases ist nach dem Obigen der folgende:

$$E_{\lambda\sigma} = [1-(1-A_\lambda)^\sigma] \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

Es verschwindet demnach $E_{\lambda\sigma}$ für $\sigma = 0$ und erreicht für $\sigma = \infty$ den Maximalwerth $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$.

Für einen gegebenen Werth von σ und eine gegebene Temperatur wird im Allgemeinen $E_{\lambda\sigma}$ für einen gewissen

Werth von λ ein absolutes Maximum sein, oder mit andern Worten: es wird unter den verschiedenen hellen Linien eines discontinuirlichen Spectrums eine am hellsten sein, da sich bei einem gegebenen Spectrum sowohl A_λ als auch $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ als Functionen von λ ändern. Berücksichtigt man nun, dass, sobald der Werth von $E_{\lambda\sigma}$ unter eine bestimmte, durch die Empfindungsschwelle unseres Auges gegebene Grenze herabsinkt, die betreffende Stelle des Spectrums für unsere Wahrnehmung verschwindet, so ergiebt sich aus diesen Betrachtungen der folgende Satz:

> Wird bei constanter Temperatur die Dichtigkeit eines glühenden Gases stetig vermindert, so muss auch die Zahl der Linien seines Spectrums vermindert und schliesslich das ganze Spectrum im Allgemeinen auf nur eine Linie reducirt werden, deren Lage von der Temperatur und Qualität des Gases abhängt.

Dieser Satz kann, wie ich glaube, bereits durch die Beobachtungen als bestätigt betrachtet werden, welche im vorigen Jahre Frankland und Lockyer in den *Proceedings of the Royal Society No. 112* veröffentlicht haben. Die betreffende Stelle ihrer Mittheilung lautet folgendermassen:

> *Under certain conditions of temperature and pressure, the very complicated spectrum of hydrogen is reduced in our instrument to one line in the green corresponding to F in the solar spectrum.*
>
> *The equally complicated spectrum of nitrogen is similarly reducible to one bright line in the green, with traces of other more refrangible faint lines.*

Es gestatten jedoch diese Beobachtungen nicht ohne Weiteres Schlüsse auf die Temperatur derjenigen Himmelskörper, welche, wie eine grosse Anzahl von Nebeln, das merkwürdige Phänomen sehr einfacher Spectra darbieten; die vorstehenden Betrachtungen zeigen, dass solche Schlüsse unzulässig sind, da für eine jede Temperatur bei hinreichender Verdünnung des glühenden Gases das Spectrum

desselben auf eine einzige Linie reducirt werden kann, deren Lage bei ein und demselben Stoffe nur von der Temperatur abhängig ist.

Mit Rücksicht auf den oben bewiesenen Satz von der Aequivalenz der Dichtigkeit und Dicke der strahlenden Schicht lässt sich sogar behaupten, dass diejenigen Werthe der Temperatur und Dichtigkeit, bei welchen ein Gas in einer Geissler'schen Röhre so einfache Spectra zeigt, auch nicht entfernt mit denen der Nebel übereinstimmen können, indem bei diesen die ungeheure Dicke der strahlenden Schicht eine fast unendlich grössere Verdünnung des leuchtenden Gases voraussetzt.

Man sieht anderseits, dass die Continuität eines Nebelspectrums keinen Schluss auf die Dichtigkeit gestattet, weil nach dem oben erwähnten Satze derselbe Effekt auch durch eine genügende Dicke der strahlenden Schicht erzeugt werden kann.

Indessen kann vielleicht folgende Betrachtung dazu dienen, wenigstens eine Grenze der Temperatur zu bestimmen, unter welcher die Temperatur eines Nebels mit discontinuirlichem Spectrum nicht liegen kann.

Der Ausdruck für die Helligkeit $E_{\lambda\sigma}$ eines Gasspectrums für die Dichtigkeit σ und an der der Wellenlänge λ zugehörigen Stelle ist für eine gegebene Temperatur der folgende:

$$E_{\lambda\sigma} = [1 - (1 - A_\lambda)^\sigma] \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

Dieser Ausdruck kann, wie schon bemerkt, nicht grösser als $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ werden, und dieser Werth ist nach dem Kirchhoff'schen Satze diejenige Helligkeit, welche für die gleiche Temperatur und Wellenlänge das Spectrum eines vollkommen schwarzen Körpers an dieser Stelle besitzt, und zwar unabhängig von seinen übrigen Eigenschaften[1]). Erhitzt man daher

[1]) Man sieht leicht, dass der obige Ausdruck für $\sigma = \infty$ die vollkommene Undurchsichtigkeit der betrachteten Gasschicht ausdrückt, indem $1 - (1 - A_\lambda)^\sigma$ die von dieser Schicht absorbirte Lichtmenge $A_{\lambda\sigma}$ in Theilen einer auf sie fallenden Lichtmenge von der Wellenlänge λ ausdrückt. Wird daher diese Lichtmenge $A_{\lambda\sigma}$ gleich der Einheit, so bedeutet dies die voll-

einen dunklen, undurchsichtigen Körper, welcher den gestellten Forderungen möglichst nahe entspricht, z. B. ein Stückchen Kohle, durch den Strom einer galvanischen Batterie und erzeugt von dem ausgesandten Lichte ein Spectrum, so ist die Temperatur der glühenden Kohle solange niedriger als die Temperatur des mit discontinuirlichem Spectrum leuchtenden Gases, als die Helligkeit des continuirlichen Kohlenspectrums an der einer hellen Linie des Gasspectrums entsprechenden Stelle kleiner oder gleich der Helligkeit dieser Linie ist. Es wird hierbei vorausgesetzt, dass $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ unter übrigens gleichen Umständen stetig mit der Temperatur wächst.

Vergleicht man nun die Helligkeit einer Linie des Nebelspectrums mit der Helligkeit der homologen Stelle des Kohlenspectrums, so kann man, mit Vernachlässigung der Absorption im Weltraum und gehöriger Berücksichtigung der Absorption unserer Atmosphäre, in der angedeuteten Weise eine untere Grenze für die Temperatur des Nebels ermitteln, sobald es gelungen ist, die Temperatur der galvanisch glühenden Kohle zu bestimmen.

7.

Die oben theoretisch als zulässig und wahrscheinlich erkannte Abhängigkeit der Lage der Linien eines discontinuirlichen Spectrums von der Temperatur und Qualität der glühenden Gase ist sehr bemerkenswerth und reicht, wie mir scheint, vollkommen aus, um das merkwürdige von Plücker entdeckte Phänomen der sogenannten Spectra verschiedener Ordnungen ein und desselben Körpers zu erklären.

ständige Absorption eines auf die Gasmasse fallenden Strahles. Erwägt man, dass alle, auch die relativ undurchsichtigen Körper in hinreichend dünnen Lamellen durchsichtig sind, und dass nach dem oben bewiesenen Satze von der Aequivalenz der Dicke und Dichte der durchstrahlten Schichten in der obigen Formel für die Dichte σ auch die Anzahl m der strahlenden und absorbirenden Schichten gesetzt werden kann, so ergiebt sich hieraus die Anwendbarkeit des obigen Ausdrucks auch auf undurchsichtige Körper, indem derselbe gleichzeitig die Nothwendigkeit der Continuität ihrer Spectra involvirt.

Denn der Ausdruck für das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarten Stellen eines Spectrums:

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda,})^\sigma]J_{\lambda,}}$$

hängt bei constantem σ nur von den Werthen des Absorptionsvermögens A_λ und $A_{\lambda,}$ ab, da $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda,}}$ für diesen Fall stets gleich Eins gesetzt werden kann. Diese Werthe können aber bei stetiger Aenderung der Temperatur für dieselbe Wellenlänge ähnliche Maxima und Minima haben, wie sie solche für dieselbe Temperatur bei stetiger Aenderung der Wellenlänge factisch besitzen und hierdurch die Erscheinung der discontinuirlichen Spectra erzeugen. Die vorausgesetzte Einfachheit und Continuität der Kirchhoff'schen Function J bezieht sich nur auf das Verhältniss der Grössen E_λ und A_λ, nicht auf diese selbst. Während jene Function für alle Körper dieselbe ist, sind E_λ und A_λ als Functionen der Temperatur und Wellenlänge gerade von der besonderen Beschaffenheit der Körper abhängig. Man sieht also, dass der Ausdruck für $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda,\sigma}}$ bei veränderter Temperatur lediglich durch Aenderung der Werthe von A_λ und $A_{\lambda,}$ verschiedene Werthe annehmen könnte, die grösser oder kleiner als Eins sind. Hieraus folgt, dass sich das Helligkeitsverhältniss zweier benachbarter Stellen des Spectrums durch Temperaturveränderungen umkehren und an Stelle des früheren Maximums ein Minimum auftreten kann.

Mithin ergiebt sich bezüglich der Intensitätsveränderungen zweier benachbarten Spectraltheile ein wesentlicher Unterschied zwischen den Wirkungen der Temperatur und denen des Druckes. Während durch Aenderungen der Temperatur das Intensitätsverhältniss benachbarter Theile umgekehrt werden kann, ist dies durch Aenderungen des Druckes nicht möglich.

Durch Steigerung des letzteren kann ein vorhandener Intensitätsunterschied nur zum Verschwinden gebracht, aber nicht umgekehrt werden. Wenn man demnach derartige Umkehrungen bei verschiedenen Spectren ein und desselben Stoffes beobachtet, so ist diese Erscheinung nur eine Folge von Temperaturverschiedenheiten.

Man kann deshalb allgemein den folgenden Satz aussprechen:

Wenn die Verschiedenheit zweier Spectra ein und desselben glühenden Gases eine solche ist, dass für Strahlen irgend einer Brechbarkeit einem Maximum des einen Spectrums ein Minimum des andern entspricht, so müssen die den beiden Spectren zugehörigen Temperaturen verschieden sein.

Es muss demnach die Entstehung der Spectra verschiedener Ordnungen ein und desselben Gases als eine Erscheinung betrachtet werden, die vorzugsweise durch Temperatur- und nicht durch Dichtigkeitsveränderungen des glühenden Gases hervorgerufen wird.

8.

In ähnlicher Weise, wie Kirchhoff empirisch auf die Continuität der Function J bei Veränderung der Wellenlänge λ und bei constanter Temperatur t schliesst, lässt sich auch auf die Continuität jener Function bei constantem λ und veränderlicher Temperatur t schliessen.

Bezüglich der zuerst erwähnten Continuität bemerkt Kirchhoff a. a. O. p. 293 Folgendes:

„Für eine constante Temperatur ändert sich die Function J continuirlich mit der Wellenlänge, so lange diese nur nicht denjenigen Werth erhält, bei dem für jene Temperatur J zu verschwinden beginnt. Die Richtigkeit dieser Behauptung kann man schliessen aus der Continuität des Spectrums eines glühenden Platindrahtes, sobald man annimmt, dass das Absorptionsvermögen dieses Körpers eine continuirliche Function der Wellenlänge der auffallenden Strahlen ist."

Es beruht dieser Schluss darauf, dass das Spectrum schwarzer, undurchsichtiger glühender Körper unserem Auge die Gesammtheit aller den verschiedenen Werthen von λ zugehörigen Functionswerthe von J in räumlicher Nebeneinanderlagerung darbietet, wie sie der bestimmten Temperatur des glühenden Körpers entsprechen. Wäre nun die Stärke des physiologischen Eindruckes, mit welcher die verschiedenen Werthe von J in einem Spectrum auf unser Sensorium einwirken, nicht ebenfalls

eine Function der Wellenlänge, oder mit andern Worten, könnten wir voraussetzen, dass das physiologisch bestimmte Intensitätsverhältniss zweier verschiedener Theile des Spectrums gleich dem mechanischen sei, so würde der Gang der Function J bei Veränderung der Wellenlänge einfach durch die photometrisch bestimmte Intensitätscurve eines gegebenen Spectrums bei constanter Temperatur des glühenden Körpers dargestellt werden können. Obschon nun eine solche Darstellung aus dem angeführten Umstande nicht möglich ist, und die Natur der physiologischen Function, nach welcher sich der optische Eindruck eines homogenen Strahls bei constanter lebendiger Kraft mit der Wellenlänge ändert, unbekannt ist, so lässt sich doch auch von dieser Function behaupten, dass sie nothwendig eine continuirliche[1]) sein müsse.

Denn wäre dies nicht der Fall, so könnten die Spectra undurchsichtiger glühender Körper auf unser Sensorium nur dann einen continuirlichen Eindruck machen, wenn die physiologische Function in einer solchen Weise discontinuirlich wäre, dass stets ein Maximalwerth in der einen Function durch einen Minimalwerth in den andern compensirt würde. Da nun aber die Annahme einer solchen Beziehung zwischen den glühenden Körpern und unserem Sensorium offenbar eine absurde wäre, so folgt aus der Continuität der Spectra undurchsichtiger glühender Körper ebensowohl die Continuität der Function J als diejenige der physiologischen Function der Intensität des Reizes in seiner Abhängigkeit von der Wellenlänge.

Dass nun die Function J für einen constanten Werth von λ sich nicht discontinuirlich mit der Temperatur ändert, sondern vielmehr stetig mit derselben wächst, kann man aus dem Umstande schliessen, dass, soweit bis jetzt die Beobachtungen reichen, das Spectrum eines undurchsichtigen glühenden Körpers in allen seinen Theilen mit steigender Temperatur stetig heller wird, wenn auch die Schnelligkeit dieser

[1]) Die Begriffe „continuirlich" und „discontinuirlich" sind hier nicht im mathematischen Sinne, sondern nur bezüglich der Ab- und Anwesenheit stark hervortretender Maxima oder Minima zu nehmen.

Zunahme für verschiedene Werthe von λ eine sehr verschiedene sein kann. Es folgt hieraus, dass für diejenigen Werthe der Temperatur, für welche E stark hervortretende Maxima oder Minima besitzt, auch A stark hervortretende Maxima oder Minima besitzen muss, und dass im Allgemeinen die Veränderungen, welche E durch Temperaturveränderungen erleidet, von Veränderungen in gleichem Sinne von A begleitet sein müssen. Da nun mit steigender Temperatur die Werthe von E für alle Werthe von λ nach den bisherigen Beobachtungen als wachsend gefunden wurden, so werden auch die Werthe von A bei hoher Temperatur im Allgemeinen grösser als bei niedriger Temperatur vorausgesetzt werden müssen.

Es ergiebt sich hieraus bezüglich der Verwandlung eines discontinuirlichen Spectrums in ein continuirliches durch Steigerung der Dichtigkeit bei verschiedener Temperatur des glühenden Gases eine wichtige Folgerung.

Betrachtet man nämlich das Intensitätsverhältniss zweier benachbarten Spectraltheile, wo für die wenig verschiedenen Werthe von λ und $\lambda_,$ die beiden Functionswerthe $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ und $\frac{E_{\lambda_,}}{A_{\lambda_,}}$ ebenfalls nur wenig verschieden sein können und daher ihr Verhältniss gleich Eins gesetzt werden darf, so ist nach dem Früheren der Ausdruck für dieses Verhältniss:

$$\frac{E_{\lambda,\sigma}}{E_{\lambda_,,\sigma}} = \frac{1-(1-A_\lambda)^\sigma}{1-(1-A_{\lambda_,})^\sigma}$$

Je grösser hierin A_λ und $A_{\lambda_,}$ gesetzt werden, desto schneller convergirt bei wachsendem σ der Werth von $\frac{E_{\lambda,\sigma}}{E_{\lambda_,,\sigma}}$ nach Eins, was zunächst die Verbreiterung der betrachteten Linie und schliesslich die Continuität des ganzen Spectrums zur Folge hat.

In dem oben angeführten Beispiele waren

$$A_\lambda = 0.100$$
$$A_{\lambda_,} = 0.005$$

gesetzt, und es hatte sich für diese Werthe das Intensitätsverhältniss der betrachteten Spectraltheile durch Steigerung des Druckes von $\sigma = 1$ bis $\sigma = 500$ von dem Werthe 20.0 bis auf 1.1 vermindert. Setzt man nun aber beide Werthe fünf mal grösser, also

$$A_\lambda = 0.500$$
$$A_{\lambda'} = 0.025$$

so erhält man folgende Reihe der Intensitätsverhältnisse für verschiedene Werthe von σ:

σ	$A_\lambda = 0.500$, $A_{\lambda'} = 0.025$	$A_\lambda = 0.100$, $A_{\lambda'} = 0.0005$
1	20.0	20.0
10	4.5	13.3
20	2.5	9.2
40	1.6	5.3
80	1.1	3.0

Es erreicht also hier das Intensitätsverhältniss bei ursprünglich gleicher Grösse jenen geringen Werth 1.1 schon bei einem Drucke, welcher über 8 Mal kleiner als derjenige ist, der bei niedrigen Werthen des Absorptionsvermögens für dieses Intensitätsverhältniss erforderlich ist.

Die zuletzt erlangten Resultate können in folgenden beiden Sätzen ausgedrückt werden:

Das Intensitätsverhältniss zweier benachbarter Stellen eines Spectrums ändert sich um so schneller mit der Dichtigkeit, je grösser das Absorptionsvermögen an den betreffenden Stellen ist.

Mit Rücksicht auf die im Allgemeinen grösseren Werthe des Absorptionsvermögens bei höherer Temperatur folgt hieraus ferner:

Ein discontinuirliches Spectrum verwandelt sich durch Steigerung der Dichtigkeit um so schneller in ein continuirliches, je höher die Temperatur des glühenden Gases ist.

Mit Hülfe des ersten Satzes kann man aus den starken Veränderungen, welche eine bestimmte Linie eines Spectrums, z. B. die Wasserstofflinie F, durch Druckveränderungen erleidet, auf relativ grosse Werthe des Absorptionsvermögens an jener Stelle des Spectrums schliessen, vorausgesetzt, dass man die Verschiedenheit der Dispersion in den verschiedenen Theilen eines durch Brechung erzeugten Spectrums gehörig berücksichtigt.

Aus dem zweiten Satze folgt, dass bei constanter Dichtigkeit durch hinreichende Steigerung der Temperatur des glü-

henden Gases ein discontinuirliches Spectrum in ein continuirliches verwandelt werden kann. Diese Folgerung wird durch die Beobachtungen Wüllner's bestätigt, nach welchen bei gleichen Grössen des Druckes den schwächeren Entladungen discontinuirliche, den stärkeren continuirliche oder in demselben Sinne veränderte Spectra entsprachen, wie sie bei schwächeren Entladungen eine Steigerung des Druckes bewirkt haben würde.[1])

9.

Bei den bisherigen Untersuchungen über die Aenderung des Helligkeitsverhältnisses benachbarter Theile des Spectrums durch Dichtigkeitsänderungen der glühenden Gase sind stets nur zwei solcher Stellen verglichen worden. Wenn es sich aber darum handelt, allgemein die Aenderungen des Contrastes zu bestimmen, mit welchem sich eine helle Linie vom dunkleren Grunde ihrer nächsten Umgebung abhebt, so müssen die Aenderungen der Helligkeit des Grundes zu beiden Seiten der Linie berücksichtigt werden. Hierbei können nun zwei Fälle eintreten, entweder die Werthe des Absorptionsvermögens sind zu beiden Seiten gleich, so dass ihre Curve vom Maximum aus symmetrisch abfällt, oder diese Symmetrie findet nicht statt. Es ist leicht ersichtlich, dass im letzteren Falle, der offenbar der allgemeinere und deshalb am häufigsten vorkommende sein wird, die durch Dichtigkeitsänderungen

[1]) Vgl. Poggendorff's Annalen. Bd. CXXXVII. p. 344 ff. Wüllner vergleicht hier das Wasserstoffspectrum in einer Geissler'schen Röhre, wie es sich bei einem Druck von 300^{mm} durch Entladungen einer Leydener Flasche darstellt, mit dem bei viel höherem Druck durch Entladungen des einfachen Inductionsapparates erzeugten Spectrum. Die betreffenden Worte lauten:

„Bei weiterer Druckzunahme dehnen sich H_β und H_γ immer mehr aus, so dass sie bald nur mehr als Helligkeitsmaxima auf einem heller werdenden continuirlich beleuchteten Hintergrunde erscheinen, gleichzeitig wird allmälig H_α weniger scharf, an den Rändern verwaschen und verbreitert, so dass bei einem Drucke des Gases von 300^{mm} das Spectrum bei Anwendung der Flasche etwa das Aussehen hat, wie ohne Flasche, wenn der Druck des Gases fast 3 Atmosphären betrug. Auch die Helligkeit des Spectrums ist dann ungefähr die gleiche."

erzeugte Verbreiterung der Linien schneller auf derjenigen Seite der Linie eintreten muss, auf welcher die grösseren Werthe des Absorptionsvermögens liegen und daher die Curve derselben weniger steil abfällt. Obschon, wie oben gezeigt, das Maximum der Helligkeit einer Linie durch Dichtigkeitsänderungen allein nie verschoben werden kann, so wird doch durch die Beschaffenheit der erwähnten Asymmetrie im Allgemeinen bewirkt werden, dass die Mitte der durch Druckerhöhung verbreiterten Linie nicht mehr mit der Mitte der unverbreiterten Linie coïncidirt, so dass unter den gemachten Voraussetzungen der folgende Satz aufgestellt werden kann:

Die Mitte einer durch Druckerhöhung verbreiterten Linie erleidet eine Verschiebung nach derjenigen Seite des Spectrums, auf welcher die grösseren Werthe des Absorptionsvermögens des glühenden Gases liegen.

Man darf daher die Verschiebung der Mitten ungleich breiter Linien desselben Stoffes in verschiedenen Lichtquellen nicht ohne Weiteres auf eine Veränderung der Brechbarkeit durch Annäherung oder Entfernung des leuchtenden Körpers beziehen. Eine solche Ursache wird im Allgemeinen erst dann als sicher vorhanden angenommen werden dürfen, wenn die Verschiebung an mehreren Linien desselben Stoffes in qualitativ und quantitativ übereinstimmender Weise nachgewiesen ist.

10.

Die Verbreiterung von Linien durch Vergrösserung der Dampfdichte des glühenden Gases lässt sich sehr einfach schon an den Natronlinien nachweisen, wenn man durch mehr oder weniger tiefes Einschieben einer Salzperle in die Flamme eines Bunsen'schen Brenners verschiedene Mengen von Natriumdampf in dieser Flamme entwickelt. Bei geringen Mengen sind die Linien fein und scharf, bei grossen Mengen stark verbreitert und an den Rändern verwaschen.

Es verbreitert sich jedoch hierbei die stärker brechbare der beiden Natronlinien beträchtlich mehr als die andere, so dass bei der grössten

Dampfmenge, welche in der angegebenen Weise entwickelt werden kann, die stärker brechbare Linie reichlich doppelt so breit als die andere ist.

Aus dieser Thatsache muss nach § 8 auf grössere Werthe des Absorptionsvermögens für die der stärker brechbaren Natronlinie zugehörigen Werthe von λ geschlossen werden, und demgemäss, wegen der Continuität der Kirchhoff'schen Function J, auch auf grössere Werthe des Emissionsvermögens für diese Werthe von λ.

Beide Folgerungen werden durch die Beobachtung bestätigt. Vergleicht man die beiden Natronlinien im Sonnenspectrum, so findet man bei genauerer Betrachtung die stärker brechbare entschieden dunkler als die andere, eine Thatsache, die das stärkere Absorptionsvermögen an dieser Stelle beweist.

Vergleicht man ferner die hellen Natronlinien in irgend einer Lichtquelle, so findet man stets die brechbare heller als die andre, mag die Dampfdichte gross oder klein sein. Dieser Helligkeitsunterschied wird sogar sehr auffallend, wenn folgende Beobachtungsmethode angewandt wird. Man öffne den Spalt des Spectroskopes allmälig so weit, bis die inneren Ränder der auf diese Weise verbreiterten Natronlinien sich gerade berühren. Die benachbarten hellen Streifen zeigen alsdann einen so beträchtlichen Unterschied in der Helligkeit, dass derselbe beim ersten Blick in die Augen fällt. Durch diese Beobachtung ist demgemäss auch die grössere Emission für die der stärker brechbaren D Linie zugehörigen Werthe von λ bewiesen.

Um nun auch die nach der entwickelten Theorie als wahrscheinlich zu erwartende Asymmetrie der Verbreiterung durch die Beobachtung an den Natronlinien zu constatiren, brachte ich mit Hülfe meines Reversionsspectroskopes jede der beiden hellen Natronlinien in dem einen Spectrum mit der analogen Linie im andern Spectrum zur Coïncidenz, so dass jede Linie in die Verlängerung der andern fiel und beide zusammen scheinbar nur eine einzige Linie von doppelter Länge bildeten. An der brechbareren und bei Zunahme der Dampfdichte stärker verbreiterten Linie war hierbei eine Ver-

schiebung nicht wahrzunehmen, indessen schien bei der andern Linie mit zunehmender Helligkeit eine äusserst geringe Verschiebung im Sinne einer Verminderung der Brechbarkeit stattzufinden.

Wenn man aber auch dieser Beobachtung als einer zu unsicheren noch keine Beweiskraft zuschreiben will, so kann anderseits eine interessante Beobachtung, welche vor Kurzem Hr. Dr. J. J. Müller, Privatdocent und Assistent für Physik am hiesigen physiologischen Institut, bei Gelegenheit anderer Untersuchungen gemacht hat, nicht wohl anders als durch die Annahme einer solchen asymmetrischen Verbreiterung der einen oder andern der beiden Natronlinien erklärt werden.

Hr. Dr. Müller hat nämlich gefunden, dass die Newtonschen Interferenzstreifen, welche in einer planparallelen und 5 Millimeter dicken Glasplatte bei einer Wegdifferenz von ungefähr 20000 Undulationen durch homogenes Natronlicht erzeugt werden, sich fast um den ganzen Abstand zweier Ringe verschieben, wenn die Intensität der Natronflamme durch Veränderung der Dampfmenge in der oben angegebenen Weise variirt wird. Mit dieser Verschiebung ist gleichzeitig bei wachsender Intensität eine Verminderung der Schärfe der Ringe bis zum vollständigen Verschwinden derselben verbunden, wie dies durch die in der Verbreiterung der Linien ausgesprochenen Verminderung der Homogenität des Lichtes nothwendig bedingt ist. Die Grösse und Richtung dieser Verschiebung deutet auf eine Verminderung der Brechbarkeit des Lichtes, welcher im Spectrum eine Verschiebung der einen oder anderen Natronlinie von höchstens $^1/_{200}$ — $^1/_{100}$ ihres beiderseitigen Abstandes entsprechen würde.

Man sieht hieraus, dass diese Beobachtungsmethode für den Nachweis einer Asymmetrie der Linienverbreiterung eine ausserordentlich viel empfindlichere als die spectroskopische ist, so lange man nicht durch Mangel an genügender Lichtmenge an der Anwendung derselben verhindert ist.

Ausführlicheres über diese Versuche wird übrigens Herr Dr. Müller selber in einer demnächst erscheinenden beson-

deren Abhandlung[1]) mittheilen. Ebenso beabsichtige ich, die im Vorstehenden entwickelten Sätze in ihrer Anwendung auf die spectralanalytische Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Himmelskörper, namentlich auf die Bestimmung der Druck- und Temperaturverhältnisse der Sonnenatmosphäre, besonders zu behandeln.

Nachtrag.

Die oben (§. 8.) bezüglich des Emissionsvermögens für variable Temperatur bei constanter Wellenlänge gemachte Annahme behält ebenso wie die Hypothese Kirchhoff's über die Continuität des Absorptionsvermögens für variable Wellenlänge bei constanter Temperatur selbstverständlich nur solange ihre Gültigkeit, als sich die physikalische und chemische Molecularconstitution des glühenden Körpers nicht verändert. Aendert sich z. B. der Aggregatzustand des glühenden Körpers, indem er in Folge der gesteigerten Temperatur aus dem festen oder flüssigen Zustand in den gasförmigen übergeht, so wird die physikalisch beobachtbare Emission von Licht und Wärme trotz der stetig gesteigerten Temperatur eine plötzliche Verminderung erleiden, falls nicht die Dicke der glühenden Dampfschicht eine so grosse ist, dass eine die letztere durchstrahlende Lichtmasse vollständig von ihr absorbirt wird, oder mit andern Worten, jene glühende Gasschicht vollkommen undurchsichtig ist.

So besitzt z. B. eine endlich begrenzte Wolke von Wasserdampf, so lange dieselbe aus mikroskopischen Wasserbläschen besteht, ein grosses Absorptionsvermögen für durchgehendes

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften. Sitzung vom 11. Februar 1871. „Beobachtungen über die Interferenz des Lichts bei grossen Gangunterschieden". Dr. J. J. Müller starb am 15. Januar 1875 im Alter von 29 Jahren als Professor der Physik an dem Eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich.

Licht. Bei Steigerung der Temperatur bis zu demjenigen Puncte, bei welchem sich die Wasserdampfbläschen auflösen, vermindert sich plötzlich das Absorptionsvermögen der Wolke so stark, dass sie für unsere Wahrnehmung vollkommen verschwindet, es sei denn, dass die Dicke der gebildeten Wasserdampfschicht eine hinreichend grosse ist, um alles sie durchstrahlende Licht zu absorbiren. Aehnliche Veränderungen des Emissions- und Absorptionsvermögens müssen nothwendig bei chemischen Dissociationen die Stetigkeit unterbrechen[1]) mit welcher „im Allgemeinen" bei wachsender Temperatur auch ein Wachsthum der Grössen E und A für dieselbe Wellenlänge vorausgesetzt werden kann. Angenommen z. B. Natriumdampf wäre kein chemisch einfaches Gas, sondern ein solches, welches sich bei einer gewissen Temperatur in zwei einfachere Gase zerlegte. Die hellen Natriumlinien würden alsdann bis zu jener Temperatur an Helligkeit stets zunehmen, dann aber plötzlich verschwinden, um andere Linien an andern Stellen des Spectrums hervortreten zu lassen. In ähnlicher Weise könnten die Verschiedenheiten

[1]) Ich glaube durch die obigen Betrachtungen ein Bedenken beseitigt zu haben, welchem Hr. Dr. B. Hasselberg in seiner schönen und gründlichen Arbeit: „Ueber die Spectra der Cometen und ihre Beziehung zu denjenigen gewisser Kohlenverbindungen" *(Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, VIIe Série Tome XXVIII No. 2. Lu le 1 Avril 1880)* in folgenden Worten Ausdruck verleiht:

„Für die Ableitung des obigen Satzes über die Umkehrung des Intensitätsverhältnisses zweier benachbarter Spectraltheile mit stetig variirender Temperatur macht Zöllner die Annahme, dass die Functionen A_λ und $A_{\lambda'}$ „„bei stetiger Aenderung der Temperatur für dieselbe Wellenlänge ähnliche Maxima und Minima haben, wie sie solche für dieselbe Temperatur bei stetiger Aenderung derselben Wellenlänge factisch besitzen."" Nach dem Vorhergehenden kann ich dieser Annahme nicht beipflichten und es steht dieselbe auch mit dem, was Zöllner selbst weiter unten sagt, in Widerspruch. Es heisst nämlich (p. 247) . . . . „dass im Allgemeinen die Veränderungen, welche E durch Temperaturveränderungen erleidet, von Veränderungen in gleichem Sinne von A begleitet sein müssen. . . ."

Dieser hier angedeutete Widerspruch verschwindet, sobald man sich die einfachen, im obigen Nachtrage ausführlicher erläuterten Prämissen meiner Abhandlung vergegenwärtigt.

der Spectra verschiedener Ordnungen desselben Gases, so weit sie nicht auf die oben betrachteten, von der Verschiedenheit der Dicke und Dichte der Gase abhängigen, Unterschiede zurückführbar sind, physikalisch durch eine solche Decomposition ihrer molecularen Elemente erklärt werden.

Die oben von mir entwickelte Theorie setzt übrigens, wie aus ihrer Anwendung leicht ersichtlich ist, bei allen Körpern bezüglich ihrer Emission und Absorption dieselbe Molecularconstitution voraus, so dass sich feste, flüssige und gasförmige Körper lediglich durch den grösseren oder geringeren Abstand ihrer strahlenden und absorbirenden Elemente unterscheiden. Hieraus folgt, dass das Absorptionsvermögen A lediglich auf durchgestrahltes, nicht auf reflectirtes Licht an der Oberfläche fester und flüssiger Körper bezogen wird. Demgemäss muss jeder der zuletzt erwähnten Körper, mit Berücksichtigung seiner speciellen physikalischen Oberflächenbeschaffenheit, einer besonderen Untersuchung unterworfen werden, falls die Eigenschaften des Spectrums beim Glühen zur Ermittelung der analytischen Form der Kirchhoff'schen Function J benutzt werden sollen. Die vor Kurzem zu diesem Zwecke im physikalischen Laboratorium der Universität Berlin auf den Rath des Herrn Professor Helmholtz von Herrn Eduard L. Nichols aus New-York verfasste Dissertation[1]) verdient durch ihre Sorgfalt und ihren bei Anordnung der Experimente aufgewandten Scharfsinn die grösste Beachtung.

[1]) „Ueber das von glühendem Platin ausgestrahlte Licht. Ein Beitrag zur allgemeinen Ausstrahlungslehre. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde an der Georg-August-Universität zu Göttingen von Eduard L. Nichols aus New-York. Göttingen 1879.

Ueber das Spectrum des Nordlichtes.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Sitzung der math.-phys. Classe am 31. October 1870.)

Am 25. October dieses Jahres beobachtete ich mittelst eines Browning'schen Miniaturspectroskopes das Spectrum des Nordlichtes, wie es durch die beifolgende Zeichnung veranschaulicht wird. Um hinreichende Helligkeit zu erhalten, wurde der Spalt ziemlich weit geöffnet.

Mit Hülfe einer Alkoholflamme, deren Docht mit Natrium- und Lithiumsalzen imprägnirt war, wurde gleichzeitig die Lithium- und Natriumlinie erzeugt und deren Lage zur angenäherten Bestimmung der Nordlichtlinien benutzt. Die Linie im grünen Theile des Spectrums ist aller Wahrscheinlichkeit nach die zuerst von Angström beobachtete und näher bestimmte Linie[1]). Dagegen ist meines Wissens die oben verzeichnete rothe Linie bis jetzt noch nicht beobachtet worden. Diese Linie trat allerdings nur an denjenigen Stellen des Himmels hinreichend intensiv auf, die sich auch dem unbewaffneten Auge als stark geröthete darboten. Aber auch die grüne Linie war stets an diesen Stellen vorhanden und zwar so intensiv, dass die rothe Linie nur sehr selten die gleiche

[1]) Vgl. Angström, *Recherches sur le Spectre solaire* S. 41. Berlin 1869.

Stärke des optischen Eindruckes erreichte. Im blauen Theile des Spectrums traten nur zuweilen schwache, bandartige Streifen auf, unter denen ein breites, dunkles Band auf hellerem Grund am auffallendsten war.

Hr. Dr. Vogel hatte die Güte, mir die Zeichnung eines von ihm um dieselbe Zeit in Gemeinschaft mit Hrn. Dr. Lohse auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow auf Bothcamp bei Kiel beobachteten Nordlichtspectrums zu übersenden. Dasselbe zeigte die helle Linie im grünen Theile mit zu beiden Seiten sehr schnell an Intensität abnehmenden Cannelirungen, ähnlich dem Lichtmaximum eines Beugungsspectrums. Indessen war die rothe Linie nicht vorhanden.

Erst nach dem Verschwinden des Nordlichtes war ich im Stande, mit demselben Spectroskop die Spectra des Wasserstoffs, Stickstoffs, Sauerstoffs und der Kohlensäure in Geissler'schen Röhren zu beobachten. Dennoch glaube ich durch gleichzeitige Beobachtung des Natrium- und Lithiumspectrums constatirt zu haben, dass die rothe Nordlichtlinie mit keinem Helligkeitsmaximum in den Spectren der vier untersuchten Gase übereinstimmt. Sie ist stärker brechbar als die rothe Wasserstofflinie C und dürfte am nächsten an derjenigen Stelle liegen, wo im Sonnenspectrum zwischen C und D die dunkle atmosphärische Liniengruppe α vorhanden ist, welcher eine mittlere Wellenlänge von 0.0006279 Millimeter entspricht. Man darf also behaupten, dass das Nordlichtspectrum in seinen Hauptlinien mit keinem der bis jetzt beobachteten Spectra von bekannten irdischen Stoffen übereinstimmt. Dagegen machen es die Beobachtungen von Winlock und Young[1]) sehr wahrscheinlich, dass drei grüne Linien des bei einer totalen Sonnenfinsterniss beobachteten Protuberanzspectrums mit drei Linien im Spectrum der Corona der Sonne und des Nordlichtes coïncidiren, unter denen die brechbarste nach den bisherigen Messungen mit einer Linie zusammenfällt, die nach der Scala von Kirchhoff mit 1474 bezeichnet ist und nach Angström eine Wellenlänge von 0.0005323 Millimeter besitzt. Kichhoff sowohl wie Ang-

[1]) Silliman's Journal No. 142 und 143. 1869.

ström bezeichnen diese Linie übereinstimmend als eine dem Eisenspectrum angehörige.

Durch alle diese Umstände scheinen die Schwierigkeiten, welche bisher einer befriedigenden Erklärung des Nordlichtes entgegenstanden, nur noch vermehrt zu werden, so dass Angström am angegebenen Orte die bisherige Analogie zwischen den Lichtphänomenen eines Nordlichtes und denjenigen beim Uebergang der Electricität in luftverdünnten Räumen durch diese Nichtcoïncidenz des Nordlichtspectrums mit einem bekannten Spectrum der atmosphärischen Gase für aufgehoben erklärt[1]).

Ich glaube jedoch durch die folgenden Betrachtungen die Annahme sehr wahrscheinlich machen zu können, dass, wenn die Lichtentwickelungen beim Nordlicht, nach Analogie der in luftverdünnten Räumen zum Glühen gebrachten Gase, in der That electrischer Natur sind, dieselben einer so niedrigen Temperatur angehören müssen, dass es unmöglich ist, bei gleicher Temperatur die Spectra glühender Gase in Geissler'schen Röhren zu beobachten. Hierdurch würde alsdann die Erklärung möglich, und als eine sehr einfache auch wahrscheinlich sein, dass das Spectrum des Nordlichtes nur deshalb nicht mit einem uns bekannten Spectrum der atmosphärischen Gase übereinstimmt, weil es ein Spectrum anderer, aber künstlich bis jetzt noch nicht darstellbarer, Ordnung unserer Atmosphäre ist.

Die fraglichen Betrachtungen ergeben sich aus dem in der vorangegangenen Abhandlung entwickelten Satze von der Aequivalenz der Dicke und Dichte der strahlenden Schichten in Verbindung mit den in höheren Regionen unserer Atmosphäre herrschenden Dichtigkeitsverhältnissen. Bezeichnen nämlich bei einer bestimmten Temperatur A_λ und E_λ die

[1]) Angström, *Recherches sur le Spectre solaire* S. 41. „*De plus, les deux phénomènes de l'aurore boréale et du magnétisme terrestre, étant si intimément liés l'un avec l'autre, que l'apparition de la première est toujours accompagnée de perturbations exercées sur l'aiguille aimantée, on a donc pu supposer que l'aurore boréale n'était qu'une lueur électrique, analogue à celle que produit l'air raréfié dans l'oeuf éclectrique, ce qui n'est pourtant pas le cas.*"

auf die Einheit der Dicke und Dichte bezogenen Werthe des Absorptions- und Emissionsvermögens für die Wellenlänge λ, ferner m und σ die Dicke und Dichte der leuchtenden Gasschicht, so hat man für die Helligkeit E der λ zugehörigen Stelle des Spectrums nach dem erwähnten Satze den folgenden Ausdruck:

$$E = [1 - (1 - A_\lambda)^{m\sigma}] \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

Für ein gegebenes Gas und eine gegebene Temperatur hängt dieser Ausdruck, wie man sieht, nur von dem Werthe des Productes $m\sigma$ ab.

Denken wir uns also z. B. eine Geissler'sche Röhre mit verdünnter, atmosphärischer Luft gefüllt, und nehmen den Durchmesser des mittleren, engen Canals zu 1 Millimeter gleichzeitig als Einheit für die Dicke m an; ebenso als Einheit für σ diejenige Dichte der eingeschlossenen Luft, welche einer Temperatur von 0°C. und einem Drucke von 1 Millimeter Quecksilber entspricht. Wird nun mit Hülfe eines Inductionsapparates die in der Röhre befindliche Luft zum Glühen gebracht, so würde bei constanter Temperatur das Spectrum der glühenden Gasschicht qualitativ und quantitativ ungeändert bleiben, wenn man die Dicke der leuchtenden Schicht, also im betrachteten Falle den Durchmesser des engen Canals, von 1 Millimeter bis zu 1000 Millimeter vergrösserte, dafür aber den Druck des eingeschlossenen Gases von 1 Millimeter bis auf $^1/_{1000}$ Millimeter verkleinerte. Wüllner fand bei seinen Untersuchungen „über die Spectra einiger Gase in Geissler'schen Röhren", dass der Strom eines kleineren Ruhmkorff'schen Apparates beim Stickstoff und Sauerstoff erst dann im Stande war den Widerstand zu überwinden, wenn der Druck in den betreffenden Röhren beziehungsweise auf 94 und 64 Millimeter reducirt war. Aber obschon bei diesem Druck die Gase dauernd leuchtend wurden, so war doch die Lichtstärke zur spectroskopischen Untersuchung noch eine zu geringe. Es trat für Stickstoff erst bei 46 Millimeter, für Sauerstoff sogar erst bei 28—30 Millimeter Druck die erforderliche Helligkeit ein[1]).

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. 135. S. 516 und 524.

Ich will daher annehmen, dass mit dem von Wüllner angewandten Apparate bei ungefähr 50mm Druck der Inductionsstrom durch eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Geissler'sche Röhre hindurchgeht und bei einer Dicke der strahlenden Schicht von 1mm eine hinreichende Lichtmenge entwickelt, um das atmosphärische Spectrum zu beobachten. Vergleicht man nun aber die hier benutzte Dicke der strahlenden Schicht mit den beim Nordlicht vorkommenden Dicken, so sind die letzteren offenbar unvergleichlich viel grösser anzunehmen und man wird sie namentlich an weit vom Zenith entfernten Stellen nach Meilen schätzen dürfen[1]). Nimmt man aber auch die Dicke einer solchen Schicht nur zu 1 Kilometer an, so würde diese bei derselben Temperatur wie die im vorliegenden Beispiele in der Geissler'schen Röhre stattfindende, nur den millionsten Theil der Dichtigkeit der in dieser eingeschlossenen Luft, also nur 0.00005 Millimeter Druck bei 0° besitzen dürfen, wenn das Spectrum des in der Röhre glühenden Gases vollkommen mit dem des Nordlichtes übereinstimmen sollte[2]). Es entsteht also hier die Frage, ob es zulässig ist, so niedrige Druckverhältnisse in denjenigen Regionen unserer Atmosphäre anzunehmen, in welchen sich das Nordlicht entwickelt.

Die Angaben über die Höhe verschiedener Nordlichter sind sehr von einander abweichende. So findet z. B. Hansteen[3]), früherer Angaben zu geschweigen, für das Nordlicht vom 7. Januar 1831 die Höhe von 26 geographischen Meilen, indem er die Messungen der scheinbaren Höhe des dunklen Segmentes von Berlin und Christiansand in Norwegen combinirt. Da-

[1]) Es dürfte sich hierdurch die Thatsache sehr einfach erklären, dass mit zunehmendem Abstande vom Zenith im Allgemeinen die Helligkeit des Nordlichtes bis an die Grenze des dunklen Segmentes wächst.

[2]) Bei allen diesen Betrachtungen wird selbstverständlich die scheinbare Grösse der leuchtenden Schicht stets als hinreichend vorausgesetzt, um die Verschiedenheit der Entfernung der letzteren für die Helligkeit des Spectrums unwirksam zu machen. Ebenso wird von dem Einfluss der Absorption in den tiefer liegenden und nichtleuchtenden Schichten der Atmosphäre abgesehen.

[3]) Poggendorff's Annalen XXII. (1831).

gegen machen es die Beobachtungen von Farquharson[1]) wahrscheinlich, dass die Nordlichter im Allgemeinen eine weit geringere Höhe besitzen und zuweilen sogar bis in die Region der Wolken hinabreichen.

Diese Ansicht wird auch durch vielfache in neuerer Zeit namentlich in Polargegenden angestellte Beobachtungen von Parry, Wrangel, Franklin, Hood, Richardson u. A. bestätigt, so dass die Annahme einer Höhe des Nordlichtes von 10 bis 20 geographischen Meilen für die folgenden Berechnungen jedenfalls eher zu hoch als zu niedrig vorausgesetzt werden darf. Berechnet man nun, unter Annahme einer überall gleichen Temperatur von 0° und des normalen Barometerstandes an der Oberfläche der Erde, den Druck der Atmosphäre in jenen Höhen, so findet man für denselben in der Höhe von 10 geographischen Meilen 0.078 Millimeter, in der Höhe von 20 Meilen 0.00001 Millimeter.

Einer Schicht von 1 Meter Dicke der beim Nordlicht glühenden Luftmasse würde demgemäss in der Höhe von 10 Meilen ein Druck von 78^{mm}, und in der Höhe von 20 Meilen ein Druck von 0.01^{mm} in der Geissler'schen Röhre äquivalent sein, um bei gleicher Temperatur ein eben so helles Spectrum wie das des Nordlichts zu erzeugen.

Da nun aber, wie schon bemerkt, die Dicke der beim Nordlicht strahlenden Schichten mit grösster Wahrscheinlichkeit nicht nach Metern sondern nach Kilometern geschätzt werden muss, so würde man selbst noch in einer Höhe von 10 Meilen einen so hohen Werth für den der Dicke äquivalenten Druck in der Geissler'schen Röhre erhalten, — nämlich schon 78 Meter Quecksilber für eine Schicht von 1 Kilometer Dicke — dass die Electricitätsmengen selbst der grössten Inductionsapparate nicht die genügende Spannung besässen, um den Widerstand der bis zu diesem Grade comprimirten

[1]) *Farquharson, On a definite arrangement and order of the appearance and progress of the aurora borealis and its height above the surface of the earth. Philosophical Transactions for 1829.*

On a remarkable appearance of the aurora borealis below the clouds. Ibidem 1842.

Luft zu überwinden. Aber auch wenn dies der Fall wäre, würde die Temperatur der Entladung eine so hohe sein, dass das Spectrum nur ein glänzendes, continuirliches und daher mit dem Spectrum des Nordlichtes nicht weiter vergleichbares sein könnte.

Man sieht hieraus, dass die Menge der in einer Geissler'schen Röhre in's Glühen versetzten Gastheilchen im Vergleich zu der beim Nordlicht wirksamen Menge eine ausserordentlich geringe ist. Da nun aber dessenungeachtet das Spectrum eines in einer solchen Röhre befindlichen und durch Electricität in's Glühen versetzten Gases mindestens die Helligkeit des Nordlichtspectrums besitzen muss, um überhaupt selbst mit den lichtstärksten Apparaten eine spectroskopische Analyse zu gestatten, so folgt hieraus, dass das Emissionsvermögen der in der Röhre glühenden Gastheilchen ausserordentlich viel grösser sein muss als dasjenige der beim Nordlicht glühenden Gastheilchen. Ein solcher Unterschied des Emissionsvermögens bei ein und demselben Körper kann aber nur durch Temperaturunterschiede bewirkt werden.

Wenn daher die Lichtentwickelung des Nordlichtes von glühenden Gastheilchen unserer Atmosphäre herrührt, so muss die Temperatur, bei welcher dieses Glühen stattfindet, eine sehr viel niedrigere als diejenige sein, bei welcher dieselben Gase in Geissler'schen Röhren durch Electricität in's Glühen versetzt werden können.

Jene Temperatur kann jedoch nach dem Kirchhoff'schen Satze nicht niedriger sein, als diejenige eines vollkommen schwarzen, glühenden Körpers, dessen continuirliches Spectrum an den dem Nordlichtspectrum entsprechenden Stellen von gleicher Helligkeit wie dieses ist. (Vgl. die vorhergehende Abhandlung § 6.)

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, dass alle diejenigen Gasspectra verschiedener Ordnung, welche wir künstlich zu erzeugen im Stande sind, im Allgemeinen nur hohen Temperatur angehören können, da ihre relativ grosse Helligkeit bei geringer Menge der glühenden Theilchen eine grosse Emission von Licht bei jedem einzelnen Theilchen nothwendig

macht und dies nur durch eine hohe Temperatur bewirkt werden kann.

Wenn wir andrerseits in solchen Fällen sehr einfache und lichtschwache Spectra beobachten, wo trotz der ausserordentlich feinen Vertheilung der Materie, — wie beim Nordlicht, bei der Corona, dem Zodiakallicht und den Nebeln, — mit Rücksicht auf die ungeheure Dicke der strahlenden Schichten, eine grosse Anzahl leuchtender Theilchen als wirksam angenommen werden muss, so kann die Temperatur der hierbei glühenden Gase im Allgemeinen nur eine relativ geringe sein. Erst durch diese Betrachtungen erhält die von Lockyer ausgesprochene Vermuthung[1]), dass die einfachen Spectra der Nebel nicht hohen sondern relativ niedrigen Temperaturen angehören, eine genügende Stütze.

[1]) *Proceedings of the Royal Society 1869. No. 112.*

Anmerkung. Man könnte vielleicht die Zulässigkeit der oben angestellten Vergleichung zwischen dem Nordlicht und einer Geissler'schen Röhre deswegen beanstanden, weil in der letzteren das Gas bei seiner Erhitzung sich nicht, wie beim Nordlicht, auszudehnen vermag und daher eine constante Dichte behält. Es kann jedoch diesem Umstande für die obigen Betrachtungen nur eine unwesentliche Bedeutung zugeschrieben werden, weil die Verminderung der Dichte erst eine secundäre und relativ viel später als die optische Wirkung des Glühens eintretende Wirkung der Temperaturerhöhung ist, und die letztere — selbst wenn man sie berücksichtigte — nur unbedeutende Aenderungen in dem behandelten Beispiele bedingen würde. — Dagegen halte ich es für wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil der merkwürdigen Bewegungsphänomene des Nordlichts auf die durch so bedeutende Temperaturdifferenzen entstehenden Gleichgewichtsstörungen in den äusserst verdünnten Luftschichten unserer Atmosphäre zurückzuführen ist.

Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne.

(Berichte der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, math.-phys. Classe. Sitzung am 21. Februar 1873).

Zweite Abhandlung.

1.

In einer früheren Abhandlung über das gleiche Thema[1]) hatte ich versucht, Grenzwerthe für das Minimum der Temperatur an der Oberfläche der Sonne und in einer gewissen Tiefe unterhalb derselben zu ermitteln. Die Methode dieser Temperatur-Bestimmung hatte zu theoretischen Voraussetzungen:

1. das Gesetz von Mariotte und Gay-Lussac,
2. Die Constanz des Verhältnisses der specifischen Wärme bei constantem Volumen und constantem Druck,
3. die Annahme, dass die eruptiven Protuberanzen ein Phänomen der Ausströmung eines Gases seien.

Die empirischen Voraussetzungen hierbei waren:

1. der numerische Werth jenes Verhältnisses der specifischen Wärmen,
2. der numerische Werth des Druckes der Wasserstoffatmosphäre in einer bestimmten Höhe über der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche,

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft d. W. 1870. Juni 2. (Vgl. oben S. 184 ff.)

3. der numerische Werth dieser bestimmten Höhen,
4. die Dichtigkeit der im Innern der Sonne comprimirten und in Form eruptiver Protuberanzen an der Oberfläche hervorbrechenden Wasserstoffmassen.

Es ist klar, dass eine Methode zur Bestimmung physischer Eigenschaften der Sonne auf Grund irdischer Maasseinheiten desto wahrscheinlichere Resultate liefern muss, je geringer die Anzahl der dabei erforderlichen Voraussetzungen ist. Ich erlaube mir daher in Folgendem eine bedeutend einfachere Methode zur Temperaturbestimmung der Atmosphäre der Sonne mitzutheilen, welche zu ihrer Anwendbarkeit als theoretische Voraussetzung nur das Gesetz von Mariotte und Gay-Lussac, und als empirische Voraussetzung nur die Kenntniss des Dichtigkeits-Verhältnisses erfordert, welches in zwei verschiedenen Höhen-Schichten der Wasserstoff-Atmosphäre, deren Abstand bekannt ist, stattfindet.

Bezeichnet nämlich:

h den Abstand der beiden Schichten,
σ_1 die Dichtigkeit in der unteren Schicht,
σ_2 die Dichtigkeit in der oberen Schicht,
r den Abstand der unteren Schicht vom Centrum der Sonne,
g die Intensität der Schwere in der unteren Schicht,
α den Ausdehnungscoëfficienten der Gase für 1° C,
a eine von der Natur des atmosphärischen Gases abhängige Constante,
t die absolute Temperatur der betrachteten Atmosphäre,

so findet im Zustande des Gleichgewichtes und unter Voraussetzung einer constanten Temperatur bekanntlich die folgende Relation zwischen den obigen acht Grössen statt:

$$log.\ nat.\ \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{gr}{a\alpha t} \cdot \frac{h}{r+h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

setzt man hierin:

$$log.\ nat.\ \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = l$$

so folgt als Ausdruck für die absolute Temperatur:

$$t = \frac{gr}{a\alpha l} \cdot \frac{h}{r+h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

oder, wenn h gegen r vernachlässigt werden kann, als Näherungsformel:

$$t = \frac{gh}{aal} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

2.

Die spectroskopische Untersuchung des Sonnenrandes gestattet uns, einen Theil der glühenden Wasserstoffatmosphäre, welche einen wesentlichen Bestandtheil der Sonnenatmosphäre bildet, in Form der sogenannten Chromosphäre zu beobachten und die mittlere Höhe (h) dieser Schicht an denjenigen Stellen des Sonnenrandes zu bestimmen, welche durch Abwesenheit von Protuberanzen auf einen gewissen Gleichgewichtszustand der Atmosphäre schliessen lassen. Wäre man daher im Stande, das Druck- oder Dichtigkeitsverhältniss an der unteren und oberen Grenze der Chromosphäre auch nur annähernd zu ermitteln, so gelangte man hierdurch in den Besitz derjenigen beiden empirischen Data, welche durch Anwendung der Formeln (2) und (3) die Berechnung eines mittleren Temperaturwerthes für die Chromosphäre gestatteten. Da das erforderliche Druck- oder Dichtigkeitsverhältniss nicht direct, sondern nur der natürliche Logarithmus desselben in die Temperatur-Formeln tritt, so können die Werthe jenes Druckverhältnisses innerhalb relativ weiter Grenzen schwanken, ohne hierdurch wesentlich den davon abhängigen Temperaturwerth zu beeinflussen. Wenn z. B. jenes Verhältniss zwischen den Werthen 500 und 5000 schwankte, so würden die natürlichen Logarithmen dieser Werthe beziehungsweise 6.2 und 8.5 sein und daher selbst eine so grosse Unsicherheit in der Ermittelung des Druckverhältnisses nur eine verhältnissmässig geringe Aenderung des davon abhängigen Temperaturwerthes bedingen.

Es fragt sich nun, ob es Erscheinungen giebt, welche uns Schlüsse auf einen Näherungswerth des Druckverhältnisses an der Basis und an der gewöhnlich sichtbaren Grenze der Chromosphäre gestatten.

Bereits in meiner früheren Abhandlung über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne bildeten die

Untersuchungen von Frankland, Lockyer, Saint-Claire-Deville und Wüllner über die Aenderungen der Gasspectra bei Veränderungen des Druckes das Argument, auf Grund dessen ich mich zu der Annahme berechtigt glaubte, „dass der Druck an der Basis der Chromosphäre oder am äussersten Rande der leuchtenden Sonnenscheibe zwischen 50^{mm} und 500^{mm} eines Quecksilberbarometers an der Erdoberfläche liegen muss.“ (l. c. p. 110.)

In einer späteren Abhandlung „über den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase“ [1]) zeigte ich indessen, dass unter übrigens gleichen Umständen die Zunahme der Dichtigkeit eines leuchtenden Gases ganz dieselbe Wirkung, wie die Zunahme der Dicke der leuchtenden Gasschicht hervorbringen muss, oder mit anderen Worten, dass die Veränderungen, welche das Spectrum eines leuchtenden Gases bei constanter Temperatur durch Druckveränderungen erleidet, nicht von dem Werthe des Druckes oder der Dichtigkeit in einem bestimmten Puncte der Gasmasse abhängen, sondern nur von der Quantität der leuchtenden Gastheilchen, welche ihr Licht in das Auge senden und daher, — gleichgültig in welcher Vertheilung, — auf der Gesichtslinie des Beobachters liegen.

Dieser Satz von der spectroskopischen Aequivalenz der Dichtigkeit und Dicke einer strahlenden Gasschicht verkleinert nun, wie leicht ersichtlich, die früher angenommenen Druckwerthe an der Basis der Chromosphäre, indem damals die Modification des Wasserstoffspectrums, wie man sie unter irdischen Verhältnissen beobachtet, nur als eine Function des Druckes und nicht als eine Function der Dichtigkeit und Dicke der leuchtenden Schicht vorausgesetzt wurde.

Will man daher aus der Uebereinstimmung gesetzmässiger Veränderungen, welche die Spectra glühender Gase unter irdischen Verhältnissen bei Aenderungen des Druckes zeigen, auf Druck- oder Dichtigkeitsverhältnisse in den Atmosphären

[1]) Diese Berichte, Sitzung am 31. October 1870. (Vgl. S. 208 ff.)

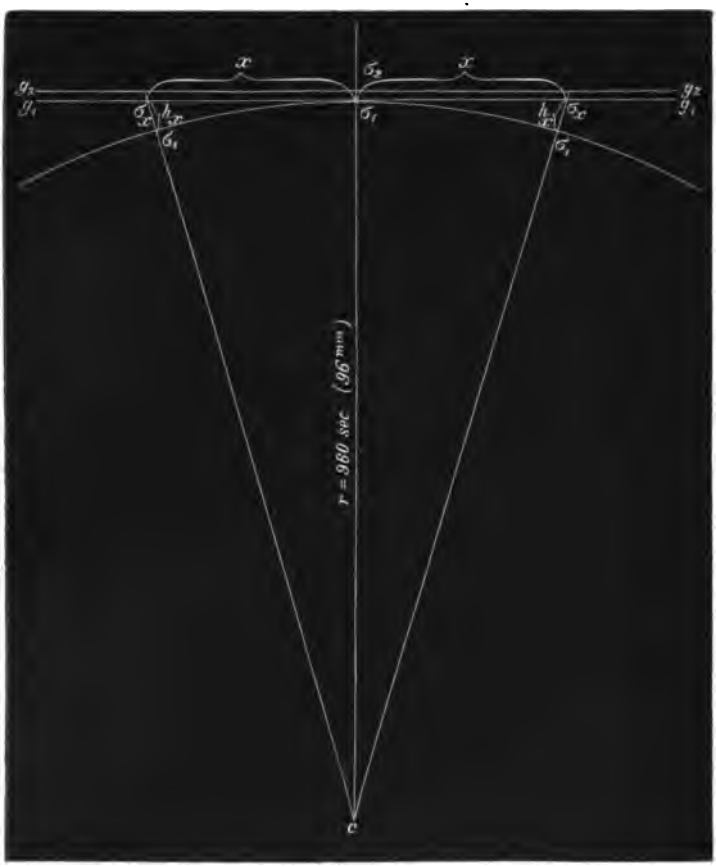
glühender Himmelskörper schliessen, so muss hierbei jederzeit die Quantität der leuchtenden Gastheilchen berücksichtigt werden, welche, auf der Gesichtslinie des Beobachters liegend, gleichzeitig ihr Licht in das Auge desselben senden.

Man vergleiche also z. B. das Wasserstoffspectrum in dem engen Canale einer Geissler'schen Röhre, deren Caliber 1^{mm} Durchmesser hat, mit dem Wasserstoffspectrum der Chromosphäre, und zwar gleichzeitig in demselben Gesichtsfelde, um alle ungleichartigen Einflüsse der Beleuchtung auf die Beurtheilung der Spectra möglichst zu beseitigen.

Ist man nun im Stande, nur durch Veränderungen des Druckes, z. B. bei der Linie *F*, alle diejenigen Veränderungen der Breite zu erzeugen, welche die gleiche Linie in dem Spectrum der Chromosphäre in verschiedenen Abständen von der Basis der letzteren besitzt, so wäre man im Allgemeinen zu der Annahme berechtigt, dass in dem engen Canale der Geissler'schen Röhre ähnliche physische Bedingungen realisirt seien, wie in der Chromosphäre, d. h. dass die gleiche Temperatur herrsche und die gleiche Menge glühender Gastheilchen auf der Gesichtslinie des Beobachters liegen. Wäre daher die ungeheure Gasschicht, welche die Gesichtslinie an der Basis der Chromosphäre durchschneidet, überall von gleicher Dichte, so würden unter der erwähnten Bedingung die Werthe des Druckes oder der Dichte in der Geissler'schen Röhre und an der Basis der Chromosphäre im umgekehrten Verhältnisse der Dicken der strahlenden Gasschichten stehen. Man kann sich von dem hier betrachteten Verhältnisse der strahlenden Gasschichten auch eine Vorstellung verschaffen, wenn man berücksichtigt, dass unter den gemachten Voraussetzungen die ganze Gasschicht an der Basis der Chromosphäre ebenso durchsichtig sein muss, wie die dünne Gasschicht in dem engen Canale der Geissler'schen Röhre. Es erhellt hieraus gleichzeitig, wie geringfügig bereits in einer so grossen Nähe des Sonnenkörpers die Dichtigkeit der ihn umgebenden gasförmigen Materie sein müsste.

3.

Man kann nun leicht zeigen, dass im vorliegenden Falle mit sehr grosser Annäherung das Quantitäts-Verhältniss der Gastheilchen, welche an der unteren und



oberen Grenze der Chromosphäre auf unserer Gesichtslinie liegen, übereinstimmt mit dem Verhältniss der Dichtigkeiten in der Chromosphäre an denselben Grenzen.

Es bezeichnen in beistehender Figur g_1g_1 und g_2g_2 die beiden Gesichtslinien, welche die Chromosphäre an der unteren und oberen Grenze durchschneiden. Der Radius r der Sonnenscheibe ist ungefähr 96 Millimeter gross gezeichnet, so dass bei Annahme eines mittleren scheinbaren Sonnenhalbmessers von 16 oder 960″ die Grösse eines Millimeters auf der Zeichnung einer scheinbaren Grösse von 10″ auf der Sonnenscheibe entspricht. Nimmt man daher die mittlere Höhe der Chromosphäre zu 10″ bis 15″ an, so repräsentirt der Abstand der beiden Gesichtslinien g_1g_1 und g_2g_2 diese Höhe auf der Zeichnung.

Bezeichnet σ_x die Dichtigkeit eines Volumenelementes der Chromosphäre, welches auf der Gesichtslinie g_1g_1 im Abtande x vom Dichtigkeitsmaximum σ_1 entfernt ist, so wird die Gasmenge m_1, welche in einem Raume von der Länge $2x$ und der Flächeneinheit als Querschnitt liegt, ausgedrückt durch:

$$m_1 = 2\int_0^x \sigma_x \, dx \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Bei einer unbegrenzten Atmosphäre müsste dieses Integral streng genommen auf die ganze Gesichtslinie, d. h. bis zum Auge des Beobachters ausgedehnt werden. Im vorliegenden Falle jedoch ist man mit Rücksicht theils auf das Bemerkte, theils auf die Ungenauigkeit der empirischen Data berechtigt, das Integral nur bis zu einer solchen Länge der Linie x auszudehnen, bei welcher es noch erlaubt ist, im Hinblick auf den approximativen Charakter der ganzen Werthbestimmung, die Höhe h_x gegen r zu vernachlässigen.

Unter dieser Voraussetzung hat man:

$$\sigma_x = \sigma_1 \, e^{-\frac{gh_x}{a\alpha t}} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

oder für h_x den Werth $\frac{x^2}{2r}$ gesetzt, welcher aus der Gleichung:

$$(r + h_x)^2 = r^2 + x^2$$

mit Vernachlässigung von $h^2{}_x$ resultirt:

$$\sigma_x = \sigma_1 \, e^{-\frac{gx^2}{2ra\alpha t}} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Setzt man hierin:

$$\frac{g}{2ra\alpha t} = c \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

und substituirt den alsdann für σ_x sich ergebenden Werth im Ausdrucke (4), so wird:

$$m_1 = 2\sigma_1 \int_0^x e^{-cx^2}\, dx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Ohne vorläufig auf die Werthbestimmung dieses Integrals näher einzugeben, ist doch leicht ersichtlich, dass bei der Kleinheit des Abstandes der beiden Linien $g_1 g_1$ und $g_2 g_2$ für die auf der oberen Linie $g_2 g_2$ liegende Menge der Gastheilchen der folgende Ausdruck sich ergiebt:

$$m_2 = 2\sigma_2 \int_0^x e^{-cx^2}\, dx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Durch Division beider Ausdrücke folgt:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

oder in Worten:

Die Quantitäten der leuchtenden Gastheilchen, welche an der unteren und oberen Grenze der Chromosphäre auf der Gesichtslinie des Beobachters liegen, verhalten sich angenähert wie die Dichtigkeiten oder Druckwerthe in den betreffenden Schichten der Chromosphäre, was bewiesen werden sollte.

4.

Die Anwendung der bisher entwickelten Formeln auf die Temperatur-Verhältnisse an der Sonnenoberfläche setzte im Wesentlichen nur die Kenntniss des Druck- oder Dichtigkeits-Verhältnisses in zwei verschiedenen Höhenschichten der Chromosphäre voraus, deren Abstand ein bekannter ist. Der Druck oder die Dichtigkeit selber, welche in jenen Höhenschichten stattfindet, blieb hierbei unbestimmt. Es soll jetzt gezeigt werden, wie sich mit Hülfe der obigen Formeln auch diese Grösse näherungsweise berechnen lässt.

Formel (8) drückte die Quantität der glühenden Gasmenge m_1 aus, welche in einem Raume enthalten ist, dessen Länge die an der unteren Grenze der Chromosphäre von der Gesichts-

linie durchschnittene Strecke bildet, und dessen Querschnitt die Flächeneinheit ist.

Setzt man hierin:

$$cx^2 = y^2$$

so verwandelt sich der Ausdruck m_1 in den folgenden:

$$m_1 = \frac{2\sigma_1}{\sqrt{c}} \int_0^{\frac{y}{\sqrt{c}}} e^{-y^2}\, dy \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Das hier auftretende Integral ist in geschlossener Form nicht darstellbar, dagegen bekannt aus einer Formel, welche die Wahrscheinlichkeit ausdrückt, dass ein bestimmter Beobachtungsfehler absolut genommen einen bestimmten Werth nicht überschreite. Für stetig wachsende Werthe von y convergirt das Integral nach dem Werthe $\frac{\sqrt{\pi}}{2}$, so dass man hat:

$$\int_0^{\infty} e^{-y^2}\, dy = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

Aus den Tafeln, welche die numerischen Werthe des obigen Integrals für wachsende Werthe von y enthalten, ist ersichtlich, dass die Convergenz eine sehr schnelle ist, so dass z. B. schon für $y = 2.4$ der Werth des Integrals um weniger als ein Tausendtel seiner Grösse von $\frac{\sqrt{\pi}}{2}$ verschieden ist. Man wird daher im vorliegenden Falle berechtigt sein, diesen Werth als einen hinreichend angenäherten für das obige Integral zu substituiren und demgemäss erhalten:

$$m_1 = \sigma_1 \sqrt{\frac{\pi}{c}}$$

oder:

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{\frac{c}{\pi}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Substituirt man hierin für c den Werth aus Gleichung (7) und setzt:

$$\frac{1}{a} = 273$$

so ergiebt sich:

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{\frac{273g}{2r\pi at}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Diese Formel zeigt, dass man die Dichtigkeit (d. h. die in der Volumeneinheit enthaltene Masse) in einer bestimmten Schicht der Chromosphäre annähernd berechnen kann, wenn die in dem oben näher definirten Raume enthaltene Masse m_1 und die absolute Temperatur t derselben bekannt sind.

5.

Die gefundenen Ausdrücke sind für die Anwendung spectroskopischer Beobachtungen auf die Temperaturverhältnisse der Sonne bemerkenswerth. Denn gesetzt, man wäre im Stande, bei constanter Temperatur und unter Berücksichtigung der oben erwähnten Vorsichtsmassregeln, durch Druckveränderung electrisch leuchtender Gase diejenigen Modificationen z. B. des Wasserstoffspectrums zu erzeugen, durch welche die beiden Grenzen der Chromosphäre optisch bedingt sind, so wäre man berechtigt, das hierbei gefundene Druckverhältniss auch in der Sonnenatmosphäre vorauszusetzen und auf diese Weise mit Hülfe der Formeln (1) oder (3) einen numerischen Werth für die Temperatur der betreffenden Schicht der Atmosphäre zu ermitteln.

Bekanntlich sind die Schwierigkeiten, den hier geforderten Bedingungen experimentell zu genügen, deshalb so bedeutende, weil im Allgemeinen bei der Vergrösserung der Dichtigkeit des Gases gleichzeitig der electrische Widerstand wächst, so dass die zur Ueberwindung desselben erforderliche grössere Electricitätsmenge gleichzeitig eine höhere Temperatur des glühenden Gases erzeugt.

Wüllner hat das Spectrum des Wasserstoff's unter sehr verschiedenen Druckverhältnissen beobachtet. In seiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand bemerkt er:

„Bei 6 Millim. Druck war ausser den charakteristischen Wasserstofflinien die rothgelbe Partie noch eben sichtbar, . . .

„Bei noch weiterer Verdünnung des Gases bis auf 3 Mllm., 2 Mllm. behielten die charakteristischen Linien dieselbe Helligkeit, alles übrige verschwand aus dem Spec-

trum fast vollständig; es trat indess bei gleichzeitiger Schwächung der hellen Linien ein Theil des continuirlichen Spectrums im grünen, in Form von etwa fünf hellen Feldern wieder hervor, als das Gas bis auf Bruchtheile eines Millimeters Druck verdünnt wurde.“[1])

In einer späteren Abhandlung „über die Spectra einiger Gase bei hohem Drucke“[2]) beobachtete Wüllner das Spectrum des Wasserstoff's bis zu einem Drucke von 2240 Millimeter, dem höchsten Druckwerthe, welchen die von ihm benutzten Apparate gestatteten. Bereits bei einem Drucke von 1703^{mm} werden die wesentlichsten Charaktere des Wasserstoffspectrums mit folgenden Worten beschrieben:

„Bei diesem Drucke ist H_α schon sehr verwaschen, es zeigt sich als ein mehrere Minuten breites Band, an dessen Rändern die Lichtstärke rasch abnimmt. . .“

„Der grüne Theil des Spectrums leuchtet sehr hell, die Helligkeit nimmt anfangs langsamer, dann rascher bis zur Stelle H_β zu, wo die Helligkeit des Spectrums am grössten ist, so dass diese Stelle fast weiss erscheint. Nach der blauen Seite nimmt die Helligkeit rasch ab, indess ist Blau und Violett sehr schön, am schönsten in der Gegend von H_γ, so dass gegenüber der Erscheinung bei geringerem Drucke H_γ wieder aufzutreten scheint, aber verwaschen und verbreitert wie H_β. Die Grenze des Spectrums geht deshalb etwas über die Stelle von H_γ hinaus.“

Zu dem höchsten Druckwerthe übergehend, wird alsdann Folgendes bemerkt:

„Durch noch weitere Vermehrung des Druckes liess sich eine wesentlich weitere Annäherung an ein continuirliches Spectrum nicht erzielen, selbst bei dem durch die Dimensionen des Apparates bedingten höchsten Druck von 2240^{mm}, also fast drei Atmosphären, blieb H_α noch immer in ähnlicher Weise bestehen; die Verwaschung desselben an den Rändern war aber doch so beträchtlich vorgeschritten, dass man bei noch weiterer Druckvermehrung

[1]) Poggendorff's Annalen, Bd. CXXXV. (S. 505 u. 506.)
[2]) Ebendas. Bd. CXXXVII S. 337 ff.

erwarten kann, H_α ebenso verschwinden zu sehen, wie H_β und H_γ schon bei geringeren Drücken verschwinden." (l. c. p. 342.)

In seiner neuesten Arbeit: „Ueber die Spectra der Gase in Geissler'schen Röhren" (Pogg. Ann. CXLVII p. 347 ff.) ist Herr Wüllner geneigt, den in obigen Worten von ihm beschriebenen Uebergang discontinuirlicher in continuirliche Spectra als „wesentlich durch die Steigerung der Temperatur bedingt" anzunehmen. Unter den Gründen, welche ihn zu einer solchen Annahme nöthigen, führt er unter Anderem Folgendes an:

„Dass es wesentlich die Steigerung der Temperatur ist, welche die Ausbildung des continuirlichen Spectrums bedingt, dafür spricht auch, dass in den meisten Fällen dasselbe nicht durch Verbreiterung der hellen Linien, sondern durch allmälig immer heller werdende Beleuchtung des ganzen Hintergrundes sich ausbildet, ohne dass die Linien dabei wesentlich an Schärfe verlieren. Denn eine Vermehrung der Dichte ohne steigende Temperatur kann, wie mir scheint, den Uebergang in das continuirliche Spectrum nur durch eine Verbreiterung der Linien bewirken, während durch Steigerung der Temperatur und damit für alle Wellenlängen wachsendes Emissionsvermögen das Spectrum ebenso gut in der andern Weise continuirlich werden kann."

Wie man sieht, treffen diese Bemerkungen jedenfalls nicht die oben von mir citirten Beobachtungen Wüllner's, indem hierbei ausdrücklich die Verbreiterung von H_α zu einem „verwaschenen, mehrere Minuten breiten Bande, an dessen Rändern die Lichtstärke rasch abnimmt", hervorgehoben wird. Ich glaube daher, dass wenigstens diese Beobachtungen nur so gedeutet werden können, wie es in meiner theoretischen Untersuchung „über den Einfluss der Temperatur und Dichtigkeit auf die Spectra glühender Gase" geschehen ist, nämlich „dass das Continuirlichwerden der Gasspectra in Geissler'schen Röhren sowohl Folge der Vermehrung der Gasdichte, als auch Steigerung der Temperatur sein könne."[1])

[1]) Wüllner, Poggendorff's Annalen, Bd. CXLVII p. 347.

Die Grösse des Antheils einer jeden dieser beiden Ursachen an der beobachteten Verbreiterung der Linien und der Continuität des Spectrums muss selbstverständlich so lange unentschieden bleiben, bis es gelungen ist, die Abhängigkeit des Emissions- und Absorptionsvermögens von der Temperatur des betreffenden Gases zu ermitteln.

6.

Wenn ich nun dazu übergehe, die Bedingungen näher zu discutiren, unter welchen die Kenntniss der erforderlichen numerischen Grössen erlangt werden kann, und gleichzeitig auf Grund der bisherigen rohen Näherungswerthe bestimmte Substitutionen mache, so bemerke ich hier ausdrücklich, dass dies mehr zur Erläuterung der entwickelten Theorie, als zur Ableitung definitiver Werthe geschieht. Ich halte diese Bemerkung um so mehr für geboten, als die in einer früheren Arbeit erlangten Temperaturwerthe, die ich ausdrücklich als Minimalwerthe bezeichnet hatte, irrthümlicher Weise als definitive Bestimmungen aufgefasst worden sind.

Die oben ausführlich mitgetheilten Beobachtungen über die Modificationen des Wasserstoff-Spectrums bei Veränderung der Dichtigkeit und Temperatur werden den Leser einigermassen in den Stand setzen, sich ein selbständiges Urtheil darüber zu bilden, in wie weit man berechtigt ist, diese Veränderungen mit denjenigen zu vergleichen, welche wir in dem Spectrum der Chromosphäre der Sonne beobachten. Berücksichtigt man hierbei, dass die Temperaturverschiedenheiten an der untern und obern Grenze der Chromosphäre durch die mannigfachen und heftigen Bewegungen in derselben fortdauernd sich auszugleichen bestrebt sind, indem diese Bewegungen selber zum Theil jenen Temperaturdifferenzen ihren Ursprung verdanken, so wird man die charakteristische Verbreiterung z. B. der Linie H_β an der Basis der Chromosphäre im Wesentlichen einer Zunahme der Dichtigkeit und Dicke der strahlenden Gasschicht zuschreiben dürfen. Mit Berücksichtigung des oben (S. 248) bewiesenen Satzes wird daher für das Verhältniss der Dichtigkeiten an der unteren und oberen Grenze der Chromosphäre das näherungsweise Ver-

hältniss der Druckwerthe vorausgesetzt werden können, innerhalb welcher unter irdischen Verhältnissen das Wasserstoffspectrum die analogen Veränderungen seiner Beschaffenheit erleidet. Es würden diese Veränderungen nach den oben angeführten Versuchen Wüllner's in runder Zahl etwa zwischen den Druckwerthen von 2240^{mm} und 1^{mm} liegen. Da nun die mittlere Höhe der Chromosphäre an möglichst ruhigen Stellen der Sonnenoberfläche den Beobachtungen zufolge ungefähr zu 10 Bogensecunden angenommen werden darf, so wäre man im Besitze derjenigen beiden numerischen Data, welche mit Hülfe der Formel (3) einen approximativen Mittelwerth für die absolute Temperatur der Chromosphäre liefern:

Die Formel war folgende:

$$t = \frac{gh}{aal}$$

wobei:

$$l = log.\ nat.\ \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

Das Meter und den Centesimalgrad als Einheiten genommen, hat man alsdann:

$$g = 274.3$$
$$\frac{1}{a} = 273$$
$$a = 1131600 \text{ (Wasserstoff)}$$
$$h = 7153300$$
$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 2240$$

Es ist hierbei:

$$a = \frac{\varrho_1 g_1 a_1}{\varrho}$$

wenn:

ϱ_1 das specifische Gewicht des Quecksilbers,
g_1 die Intensität der Schwere an der Erdoberfläche,
a_1 die mittlere Höhe des Barometerdruckes,
ϱ die unter diesem Drucke bei 0° C. stattfindende Dichtigkeit des Wasserstoffgases.

Der hieraus resultirende Werth der absoluten Temperatur ist:

$$t = 61350°$$

Hierbei sei nochmals der bereits oben erwähnte Umstand hervorgehoben, dass die Unsicherheit der numerischen Bestimmung des Verhältnisses $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ den Werth von t nur in geringem Grade beeinflusst, indem z. B. ein 10 Mal höherer Werth unter übrigens unveränderten Annahmen die berechnete Temperatur nur auf

$$t = 47270^0$$

herabsetzen würde. Sowohl durch diesen Umstand als auch durch die Einfachheit der theoretischen Voraussetzungen dürfte die angegebene Formel einen wesentlichen Vorzug vor dem früher von mir eingeschlagenen Wege zur Temperaturbestimmung der Sonne beanspruchen.

Ausserdem zeigt dieselbe eine bemerkenswerthe Beziehung zwischen den Grössen t und h. Wäre nämlich die Höhe der Chromosphäre wesentlich nur durch das Verhältniss der Dichtigkeiten $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ an der unteren und oberen Grenze bedingt, so würde der Abstand h der beiden Schichten, in denen dieses constante Druck- oder Dichtigkeitsverhältniss stattfindet, proportional der absoluten Temperatur sich ändern. Lägen daher zahlreiche und statistisch zu behandelnde Beobachtungen über die mittlere Höhe der Chromosphäre an allen Theilen des Sonnenrandes vor, so würde man hierdurch, ohne die Temperaturen selber zu kennen, doch annähernd ein Urtheil über das Verhältniss derselben an verschiedenen Theilen der Sonnenoberfläche, z. B. am Aequator und an den Polen derselben, erlangen können.

Die geringe Höhe der Chromosphäre an den Polen der Sonne, welche Secchi seinen Beobachtungen entsprechend findet, scheint in Verbindung mit den anderweitigen Resultaten desselben Beobachters über die geringere Wärmestrahlung der Polarregionen der Sonne die oben gefolgerten Beziehungen zu bestätigen.[1]) Es würde z. B. an Stellen der Sonnenoberfläche, wo die mittlere Höhe der Chromosphäre

[1]) Die Erniedrigung der Chromosphäre über den Sonnenflecken, welche Respighi beobachtet, könnte gleichfalls einer Temperaturerniedrigung an diesen Stellen zugeschrieben werden.

circa 15 Secunden beträgt, unter den gemachten Voraussetzungen eine absolute Temperatur von ungefähr 90000° resultiren. So wichtig aber auch für Untersuchungen der Temperaturverhältnisse an der Sonnenoberfläche die erwähnte Proportionalität zwischen der Temperatur und der Höhe der Chromosphäre in Zukunft werden kann, so darf dennoch vorläufig die Bedeutung dieses Zusammenhanges aus nahe liegenden Gründen nicht überschätzt werden.

Um nun auch die Anwendbarkeit der Formel (11) durch Einsetzung numerischer Werthe zu erläutern, vergegenwärtige man sich zunächst, dass die Vergleichbarkeit der unter irdischen Verhältnissen beobachteten Erscheinungen in Geissler'schen Röhren mit denjenigen in der Chromosphäre der Sonne nur unter der Voraussetzung zulässig ist, dass die wesentlichen Bedingungen, von denen die verglichenen Erscheinungen abhängen, in beiden Fällen innerhalb gewisser Grenzen übereinstimmen. Als solche Bedingungen sind im Wesentlichen zwei erkannt worden, nämlich erstens die Temperatur, und zweitens die Quantität der Gasmasse, welche von der Gesichtslinie des Beobachters für gleiche Querschnitte der durchschauten Räume getroffen wird.

Es muss folglich die Temperatur und die Quantität der auf der Gesichtslinie liegenden Wasserstofftheilchen in einer Geissler'schen Röhre im Wesentlichen als übereinstimmend mit den analogen Grössen an denjenigen Stellen der Chromosphäre vorausgesetzt werden können, deren Spectrum mit dem der Geissler'schen Röhre übereinstimmt.

Es wurde oben bei Mittheilung der Versuche Wüllner's darauf hingedeutet, dass im Allgemeinen eine Zunahme der Temperatur bezüglich der Verbreiterung von Linien im Wasserstoffspectrum in demselben Sinne wirke, wie eine Zunahme der Dichtigkeit. So lange also nicht die Grösse der Wirkung einer jeden dieser beiden Ursachen für sich genauer bekannt ist, wäre es denkbar, dass dasselbe Aussehen des Spectrums bei verschiedenen Werthen der Temperatur stattfinden könne, wenn die entsprechenden Werthe der Dichtigkeit und Dicke vorhanden sind. Berücksichtigt man aber die bedeutende Helligkeit der Linien in der Chromosphäre, die

in unmittelbarer Nähe des glänzenden Sonnenrandes sich von dem stark erleuchteten Spectralgrunde noch deutlich abheben, so wird man annehmen müssen, dass die Temperatur des in der Chromosphäre glühenden Wasserstoffes jedenfalls nicht niedriger als diejenige ist, bei welcher das Wasserstoffgas in einer Geissler'schen Röhre dieselbe Schärfe der Linien des discontinuirlichen Spectrums zeigt. Man wird daher auch die Quantität der Gasmasse, welche von der Gesichtslinie des Beobachters in der Chromosphäre durchschnitten wird, eher geringer als grösser im Vergleich zu der in der Geissler'schen Röhre durchschauten Gasschicht voraussetzen müssen.

Nach diesen Vorbemerkungen ist es nun leicht, mit Hülfe der früher entwickelten Formel (12):

$$\sigma_1 = m_1 \sqrt{\frac{c}{\pi}}$$

einen Werth für die Dichtigkeit des glühenden Wasserstoffes in einer bestimmten Schicht der Chromosphäre abzuleiten.

Wählt man die untere Grenze derselben, so bedeutet in obiger Formel:

σ_1 die Dichtigkeit, d. h. die in der Volumeneinheit enthaltene Masse von Wasserstoff an der untersten Schicht der Chromosphäre,

m_1 diejenige Masse von Wasserstoff, welche von unserer Gesichtslinie an der Basis der Chromosphäre durchschnitten wird, wenn der Querschnitt der durchschauten Strecke gleich der Flächeneinheit ist.

Nach den vorher angestellten Erörterungen muss diese Masse bei gleicher Temperatur als übereinstimmend mit derjenigen vorausgesetzt werden, welche bei gleichem Querschnitt in einer Geissler'schen Röhre auf der senkrecht durchschauten Funkenstrecke liegt.

Wenn der Raum, welchen die von Funken getroffenen und glühend gemachten Gastheilchen einnehmen, sehr klein ist im Verhältniss zu dem ganzen Raume, innerhalb dessen der Uebertritt des Funkens stattfindet, — wie dies z. B. bei den neueren Versuchen Wüllner's der Fall war, bei denen Geissler'sche Röhren angewandt wurden, welche überall eine lichte Weite von etwa 2 Centimeter besassen und in denen die Elec-

troden 7.5 Centimeter von einander entfernt waren[1]) — so wird sich die glühend gemachte Gasstrecke unter einem angenähert constanten Druck ausdehnen und entsprechend dem Gay-Lussac'schen Gesetze seine Dichte verringern. Es erhellt hieraus, dass zur Beurtheilung der Gasmenge, welche auf der die Funkenstrecke senkrecht durchschneidenden Gesichtslinie liegt, die Kenntniss von drei Grössen erforderlich ist, nämlich

1. die ursprüngliche Dichtigkeit des Gases innerhalb der Röhre,
2. die Dicke der Funkenstrecke,
3. die Temperatur des Funkens.

Die erste dieser drei Grössen lässt sich bestimmen, die zweite für die vorliegenden Zwecke vielleicht annähernd schätzen, dagegen bleibt die dritte unbekannt. Berücksichtigt man jedoch den mehrfach hervorgehobenen Umstand, dass die Bedingung für die Vergleichbarkeit zwischen dem irdischen Wasserstoff-Spectrum und demjenigen der Chromosphäre auf der Annahme beruht, dass die physischen Verhältnisse bei beiden Phänomenen im Wesentlichen dieselben sind, so muss annäherungsweise die oben für die Chromosphäre abgeleitete Temperatur auch für die Funkenstrecke in der Geissler'schen Röhre vorausgesetzt werden. Endlich würden sich dann die Dichtigkeiten des Gases während des Glühens und vor demselben umgekehrt wie die absoluten Temperaturen in beiden Zuständen verhalten. Ist also z. B. unter Voraussetzung der oben für die Chromosphäre erhaltenen Temperaturwerthe die Temperatur des Wasserstoffs in der Geissler'schen Röhre vor dem Glühen gleich der des schmelzenden Eises, so würde die Dichtigkeit der glühenden Funkenstrecke ungefähr 200 Mal kleiner als diejenige des in der Röhre enthaltenen Gases bei 0° C. sein.

Nimmt man alsdann ferner an, dass die Dicke der Funkenstrecke ungefähr 1 Millimeter beträgt, und berücksichtigt, dass als Längeneinheit bei den obigen Formeln das Meter angewandt wurde, so wird die Dichtigkeit einer glühenden Wasser-

[1]) Poggendorff's Annalen, Bd. CXLVII p. 325.

stoffmenge, die in der Volumeneinheit dieselbe Masse enthält, wie eine die ganze Chromosphäre gradlinig durchschneidende Strecke, mit der Flächeneinheit als Querschnitt, nur $\frac{1}{200000}$ von derjenigen Dichtigkeit betragen, welche das Wasserstoffgas in der Geissler'schen Röhre bei 0° C. besitzt. Bezeichnet daher σ_0 diese ursprüngliche Dichte, so vermindert sich dieselbe auf der Funkenstrecke von der angenommenen Dicke bis auf $\frac{\sigma_0}{200}$ und müsste noch weiter um das Tausendfache dieser Grösse vermindert werden, wenn man sich die auf der angenommenen Strecke eines Millimeters liegende Quantität von glühenden Gastheilchen auf die Strecke eines Meters als Längeneinheit ausgedehnt denkt. Der so erhaltene Werth von $\frac{\sigma_0}{200000}$ wäre dann gleich m_1 in der obigen Formel zu setzen, d. h. gleich der in der Volumeneinheit enthaltenen Gasmasse, welche quantitativ und qualitativ übereinstimmt mit derjenigen Masse von glühendem Wasserstoff, die in einem parallel der Gesichtslinie aus der Chromosphäre herausgeschnittenen Cylinder mit der Flächeneinheit als Querschnitt liegt.

Man erhält alsdann für die Dichtigkeit an einer beliebigen Stelle der Chromosphäre, z. B. an der Basis derselben, den folgenden Ausdruck:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_0}{200000}\sqrt{\frac{c}{\pi}}$$

oder für den Druck, wenn man für σ_1 und σ_0 die ihnen proportionalen Druckwerthe p_1 und p_0 setzt:

$$p_1 = \frac{p_0}{200000}\sqrt{\frac{c}{\pi}}$$

mithin, da nach dem Früheren:

$$c = \frac{273g}{2rat}$$

$$p_1 = \frac{p_0}{200000}\sqrt{\frac{273g}{2\pi rat}}$$

Nimmt man für p_0 den höchsten der von Wüllner angewandten Druckwerthe und für t den ersten der oben gefundenen Werthe, so erhält man in Millimeter Quecksilberdruck

$$p_1 = 0\,.\,00000000016$$

Berechnet man hieraus für die angenommene Temperatur des glühenden Wasserstoffes die Dichtigkeit an der Basis der Chromosphäre, so ergiebt sich dieselbe zu ungefähr $\left(\frac{1}{10}\right)^{19}$ von derjenigen des Wassers. Eine Hohlkugel von der Grösse unserer Erde mit Gas von dieser Dichtigkeit erfüllt, würde eine Masse von ungefähr 84 Cubikmeter Wasser repräsentiren. Wäre nun die Chromosphäre bei einer Höhe von 10 Secunden überall von dieser constanten Maximal-Dichtigkeit ihrer Basis, so würde ihre Gesammtmasse nur $\left(\frac{1}{10}\right)^{15}$ der Erdmasse betragen. Selbst bei einer täglichen Erneuerung der ganzen Chromosphäre würde nach dieser Berechnung erst in drei Millionen Jahren eine Wasserstoffmasse verbraucht werden, die ungefähr dem millionsten Theile der Erdmasse entspräche und daher bezüglich der Masse der Sonne und ihrer Atmosphäre für unsere Wahrnehmungen als vollkommen verschwindend betrachtet werden darf.

7.

Wenn Hr. Faye neuerdings die Frage aufwirft, weshalb die fortdauernd durch eruptive Protuberanzen aus dem Innern der Sonne seit dreissig Jahren emporgeschleuderten Wasserstoffmassen die Chromosphäre nicht merklich vermehrt haben[1]), so werden die oben mitgetheilten Zahlenwerthe ausreichen, um diese Frage unter Voraussetzung der bei ihr gemachten Prämissen in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen zu beantworten. Indessen ganz abgesehen hiervon scheinen mir auch die Voraussetzungen, unter denen

[1]) Vgl. *Comptes rendus. T. LXXV. p. 1669 ff.* (16. Dec. 1872.) „*Je me suis demandé souvent d'où venaient les flammes hydrogénées de la chromosphère, qui semblent être produites par de violentes et continuelles éruptions. Si cette hydrogène sort sans cesse de l'intérieur, comment se fait-il, qu'il n'augmente pas depuis trente ans qu'on observe dans les éclipses des protubérances et même des traces de la chromosphère, et depuis trois ans que l'on suit celle-ci jour par jour? S'il n'est pas expulsé hors de la sphère d'activité du Soleil, il faut donc que, malgré sa légèreté spécifique et l'absence absolue de toute indication relative à des courants descendants, il rentre de quelque façon dans le corps du Soleil.*“

die von Faye aufgeworfene Frage überhaupt nur einen Sinn haben kann, mit seinen so oft und entschieden vertheidigten Anschauungen von der überwiegend gasförmigen Beschaffenheit des Sonnenkörpers in vollkommenem Widerspruche zu stehen. Denn eine Vergrösserung der atmosphärischen Hülle eines Weltkörpers durch Gaseruptionen aus tiefer gelegenen Theilen ist nur dann denkbar, wenn der Raum, welchem die inneren Gasmassen entströmen, von einer gegen die äussere Atmosphäre undurchdringlichen Hülle umschlossen ist. Existirt aber eine solche Hülle nicht, oder finden die alsdann unbekannten Processe der eruptiven Protuberanzentwickelung ausserhalb jener Hülle, also in den unteren Schichten der Atmosphäre selber statt, so kann hierdurch die Gesammtmenge dieser Atmosphäre weder vermehrt noch vermindert werden; denn jene emporgeschleuderten Massen sind alsdann nichts anderes als Theile der Atmosphäre, die durch Gleichgewichtsstörungen nur ihren Ort gewechselt haben, d. h. von tieferen nach höheren Schichten desselben bewegt worden sind.

Betrachtet man dagegen die Sonne als eine glühend-flüssige Masse, welche mit einer dichten Hülle von Dämpfen und Gasen umgeben ist, die sich entsprechend dem Dalton'schen Gesetze gegenseitig durchdringen, so wird ein Theil der Gase, z. B. des Wasserstoffs, nach Massgabe des Druckes an der Basis der Atmosphäre von der glühend-flüssigen Oberfläche absorbirt werden[1]). Bestände z. B. die Atmosphäre unserer Erde aus Kohlensäure von einigen Atmosphären Druck, so würden die Oberflächen der Meere aus kohlensaurem Wasser bestehen, aus welchem bei localer Steigerung der Temperatur oder Verminderung des Druckes ein Theil des absorbirten Gases in Form von Gasblasen an der betreffenden Stelle entweichen muss, um das in der Atmosphäre gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Könnten diese kohlensauren Gasströme sichtbar gemacht werden, so würden sie uns wahrscheinlich durch die Analogien in ihrer Form und Häufigkeit an

[1]) Dass auch glühende Flüssigkeiten Gase schon unter geringem Drucke auflösen und absorbiren können, zeigen die Beobachtungen von St. Claire Deville über die Auflösung von Gasen in schmelzendem Glase. *Comptes rendus, T. 57. p. 965.*

die Protuberanzen der Sonne erinnern. Wie gross übrigens schon die Zähigkeit einer Wasseroberfläche ist, um beim Entweichen absorbirter Gase Veranlassung zur Blasenbildung und beim Zerplatzen der Blasen zu plötzlich verschwindenden Widerständen zu geben, davon kann man sich jederzeit beim Oeffnen einer Flasche mit kohlensaurem Wasser überzeugen. Die Höhe, bis zu welcher die feinen Wassertröpfchen unter dem Einflusse der hierbei entwickelten Kräfte emporgeschleudert werden, giebt gleichzeitig einen Massstab für die Anfangsgeschwindigkeiten, mit welchen dieselben die Oberfläche des Wassers verlassen.

Dass auch glühende Flüssigkeiten an ihrer Oberfläche in hohem Masse unter analogen aber quantitativ sehr vergrösserten Verhältnissen die Fähigkeit zur Blasenbildung besitzen, darüber geben directe Beobachtungen von Spallanzani an einem Kraterschlunde des Stromboli Aufschluss.

„Die glühende Lava stieg alle zwei Minuten gegen zwanzig Fuss weit herauf, und sank dann rasch wieder in die Tiefe zurück. Jedesmal, wenn sie ihren höchsten Stand erreicht hatte, blähte sich ihre Oberfläche auf; Blasen von mehreren Fuss Durchmesser schwollen empor, und explodirten zuletzt mit einem starken Knall; dabei wurden sie in hundert Stücke zersprengt, die mit fürchterlicher Gewalt in die Luft flogen, und als Stein- und Schlackenregen klirrend am Berge herabstürzten . . . Poulett Scrope beobachtete im Jahre 1849 diese Erscheinungen in ganz ähnlicher Weise.“ [1])

Auf Grund dieser Analogien und Thatsachen hatte ich vor zwei Jahren meine Ansicht von der Ursache der eruptiven Protuberanzen und ihres Zusammenhanges mit den Flecken und Fackeln folgendermassen formulirt: [2])

„Die eruptiven Protuberanzen entstehen durch Druckdifferenzen zwischen dem Druck einer in der Flüssigkeit eingeschlossenen oder

[1]) Naumann, Geognosie. 2. Aufl. Bd. I. p. 116 ff.

[2]) Vergl. diese Berichte, Sitzung am 11. Februar 1871. (Vgl. S. 171.)

von ihr absorbirten Gasmasse und dem äussern, durch die Cohärenz und Schwere der oberen Flüssigkeitsschichten vergrösserten, Druck der Atmosphäre.

Demgemäss werden an denjenigen Orten am leichtesten eruptive Protuberanzen entstehen können, wo der zu überwindende Druck am geringsten ist, am seltensten oder gar nicht da, wo dieser Druck am grössten ist. Jeder aufsteigende Luftstrom in der Atmosphäre vermindert aber den Druck an dieser Stelle ebenso wie jeder absteigende ihn vermehrt. Da nun in der Umgebung der Flecken sehr starke aufsteigende Ströme stattfinden und ebenso die Fackeln durch derartige Ströme verursacht werden, so müssen diese Stellen besonders günstig für die Entwickelung eruptiver Protuberanzen sein."[1])

[1]) Hr. Tacchini glaubt nur diejenigen Protuberanzen als Eruptionen betrachten zu dürfen, welche die Gestalt eines Baumes oder eines Fächers haben, d. h. an der Basis schmaler als an ihrem oberen Ende sind. Ohne die Berechtigung einer solchen Anschauung näher zu discutiren, ist doch klar, dass für die Erklärung jener Eruptionen nothwendig diejenigen physikalischen Bedingungen an der Sonnenoberfläche vorausgesetzt werden müssen, ohne welche überhaupt eine Eruption, d. h. die gewaltsame und plötzliche Ueberwindung eines Widerstandes durch comprimirte Gasmassen, nicht denkbar ist. Ein solcher Widerstand kann nur durch eine Substanz erzeugt werden, welche sich in einem cohärenteren Aggregatzustande als dem gasförmigen befindet; die Existenz von eruptiven Protuberanzen erfordert also nothwendig die Existenz einer flüssigen Masse, aus welcher die Gase gleich den Blasen kohlensaurer Gewässer bei Druckverminderung der auf ihnen ruhenden Atmosphäre entweichen.

Wenn sich daher Hr. Tacchini aus dem Umstande, dass unter den zahlreichen Protuberanzen nur etwa 8 Proc. den erwähnten eruptiven Charakter zeigen, zu dem Schlusse berechtigt glaubt, es sei die allgemeine Form der Protuberanzen unvereinbar mit der Annahme einer festen oder flüssigen Beschaffenheit der Sonnenoberfläche, so erhellt aus den oben gemachten Bemerkungen, dass das Princip der Majoritäten im vorliegenden Falle ein logisch unzulässiges ist. Denn wenn auch nur eine einzige Protuberanz unter den zahlreichen bisher beobachteten als eine Eruption erkannt worden wäre, so wäre man gezwungen, wenigstens der betreffenden Stelle der Sonnenoberfläche diejenigen Eigenschaften beizulegen, durch welche die Möglichkeit einer Eruption physikalisch erst begreiflich wird.

Bereits im Jahre 1870 hatte Respighi diese Beziehungen als allgemeine Resultate seiner Beobachtungen mit folgenden Worten ausgesprochen:[1])

„*Sul contorno delle macchie sorgono ordinariamente getti gassosi di straordinarie intensità e violenze, e di forme ben definite.*“

„*Ordinariamente nelle località delle facole le protuberanze o le eruzioni sono molto frequenti e molto sviluppate*“, etc. . . .

Zu gleichen Resultaten ist auch P. Secchi im Laufe seiner zahlreichen Beobachtungen gekommen, die er in einer kürzlich veröffentlichten Mittheilung[2]) an die Pariser Akademie mit folgenden Worten zusammenfasst:

1. „*Les régions des facules et des taches sont les plus riches en protubérances.*
2. *Il y a deux espèces de protubérances, les unes faibles et légères, épanouies comme nos cirrhus légers dans l'atmosphère, les autres plus denses, plus compactes, plus vives, ayant une structure filaire et des caractères optiques particuliers.*“

Dass lebhaftere Eruptionen, die mit grösserer Geschwindigkeit die tieferen und dampfreicheren Schichten der Atmosphäre durchdringen, auch Theile derselben bis über die untere Grenze der Chromosphäre emporreissen und ihre Bestandtheile spectroskopisch durch helle Linien anzeigen können, ist bei hinreichender Stärke der Eruption eine im Voraus zu erwartende Erscheinung. Dem entsprechend findet denn auch P. Secchi im Spectrum der erwähnten lebhaften und intensiven Protuberanzen zahlreiche Linien von glühenden Metallen. Er bezeichnet sie deshalb auch kurz als von metallischem Charakter, und hebt a. a. O. ihren Zusammenhang mit den Flecken in ganz bestimmter Weise mit folgenden Worten hervor:

„*Alors j'ai remarqué soigneusement toutes les éruptions ayant ce caractère que, pour abréger, j'appellerai métallique. et j'ai trouvé que, toutes les fois qu'on observait à l'orient*

---

[1]) *Atti della Reale Academia dei Lincei nella sessione del 4 decembre 1870.*

[2]) *Comptes rendus, T. LXXVI, p. 250—257. (Febr. 3., 1873.)*

du bord solaire une de ces éruptions, on découvrait une tache visible le jour suivant. Cette liaison est si réelle, que j'ai pu, pendant ces derniers mois, prédire l'apparition d'une tache par la simple inspection de la qualité du spectre et de l'éruption. Les cinq rotations dont je présente le résumé m'ont fourni, à elles seules, vingt-quatre de ces exemples."

P. Secchi hält sich a. a. O. p. 253 auf Grund dieses räumlichen Zusammenhanges beider Erscheinungen für berechtigt, einen Schluss über die Art ihres causalen Zusammenhanges mit folgenden Worten zu machen:

„*La conclusion de tout ce que nous venons de dire est donc manifeste. Les taches sont produites par l'éruption de l'intérieur à l'extérieur, de masses des vapeurs métalliques que je viens d'indiquer.*"

Weshalb die hier als „*manifeste*" bezeichnete Conclusion nicht auch als umgekehrte den Beobachtungen genügen könnte, (— *les éruptions sont produites par les taches* —) d. h. weshalb der Fleck nicht als eine Gelegenheitsursache der Bildung der eruptiven Protuberanzen vorangehen könnte, dafür habe ich in den Arbeiten P. Secchi's vergeblich nach einem irgendwie stichhaltigen Grunde gesucht. Denn dass am östlichen Sonnenrande, wie oben bemerkt, zuerst die oberen Theile der Protuberanzen sichtbar werden und erst am folgenden Tage, bei fortgeschrittener Rotation der Sonne, der bis dahin verdeckte Fleck zum Vorschein kommt, dafür liegt der Grund in so einfachen Verhältnissen, dass man nicht annehmen kann, P. Secchi habe sich hier zu dem Schlusse des *post hoc ergo propter hoc* verleiten lassen. Auf die in neuester Zeit von Reye[1]) und Faye[2]) aufgestellte Cyclonen-Theorie der Sonnenflecke hier näher einzugehen, glaube ich gegenwärtig verzichten zu können, nachdem bei der lebhaften Discussion dieser Anschauungen in der Pariser Akademie von P. Secchi und Tacchini die Widersprüche hervorgehoben worden sind,

[1]) „Die Wirbelstürme, Tornado's und Wettersäulen in der Erd-Atmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen-Atmosphäre, dargestellt und wissenschaftlich erklärt von Dr. Theodor Reye, ord. Professor a. d. Universität Strassburg." Hannover 1872.

[2]) *Comptus rendus, T. LXXV. p. 1664.*

in welche diese Theorie mit einfachen Thatsachen der Beobachtung tritt. Ich erlaube mir, an die Vertreter dieser Theorie, ohne hier die physikalischen Bedenken derselben zu discutiren, mit den Worten Tacchini's die Frage zu richten:

„En présence d'observations si claires, si indépendantes d'hypothèses ou d'idées préconçues, est-il possible d'accepter la théorie qui fait des cyclones la cause unique des taches solaires?“ [1])

Uebrigens bin ich Herrn Prof. Reye zu Dank verpflichtet, dass er S. 177 seiner Schrift einen Fehler verbessert hat, den ich mir in meiner Abhandlung „Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten“ (S. 154) bezüglich der Verwandlung der Sonnenflecken in Streifen, nach Analogie der auf Jupiter und Saturn beobachteten Streifenbildung wolkenartiger Producte, habe zu Schulden kommen lassen. Aus der von mir in derselben Abhandlung mitgetheilten Tabelle von Carrington ist unmittelbar ersichtlich, dass der Unterschied der täglichen Rotationsgeschwindigkeit zweier Puncte der Sonnenoberfläche, deren heliographische Breiten um 1^0 verschieden sind, im Durchschnitt nicht 1.6 Grad (wie irrthümlich von mir angegeben), sondern 1.6 Minuten beträgt.

Wenn ich am Schlusse dieser Betrachtungen noch einmal die seit dem Jahre 1865 von mir unverändert vertretene Ansicht von der Natur der Sonnenflecke als schlackenartiger, durch Ausstrahlung auf der glühendflüssigen Oberfläche des Sonnenkörpers entstandener Abkühlungsproducte [2]) recapitulire, so geschieht dies nur deshalb, um zu zeigen, wie einfach sich bei Annahme derselben alle diejenigen Erscheinungen erklären lassen, durch welche sich die Gegner dieser Theorie bisher zu einer fortdauernden Modification ihrer Anschauungen genöthigt sahen.

Als möglichst kurzen Ausdruck der wesentlichen Gesichtspuncte meiner Theorie wähle ich die im Jahre 1869 in der Virteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft [3]) gegebene

[1]) *Comptus rendus, T. LXXVI, p. 827.*

[2]) Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipzig 1865, S. 246 ff.

[3]) IV. Jahrgang. Heft 3, S. 165—179.

Darstellung, und erlaube mir dieselbe hier wörtlich zu reproduciren:

„Die Schlackenmassen besitzen als Abkühlungsproducte eine beträchtlich geringere Temperatur als die sie allseitig umgebende glühendflüssige Masse der leuchtenden Sonnenoberfläche. Die hierdurch bedingten Temperaturunterschiede müssen in der darüber befindlichen elastisch-flüssigen Sonnenatmosphäre Strömungen erzeugen, analog den Land- und Seewinden auf unserer Erde, wie sie durch Temperaturverschiedenheit von Land und Meer an den Küsten der Inseln erfahrungsmässig festgestellt sind. Es müssen sich also längs der Küste einer Schlackeninsel auf der Sonnenoberfläche Winde entwickeln, welche im Allgemeinen senkrecht gegen diese Küste gerichtet sind, nur werden diese Strömungen in dem unteren Theile der Atmosphäre vom Innern der Insel nach aussen, im oberen, d. i. in dem uns zugekehrten und sichtbaren Theile, von aussen nach dem Innern gerichtet sein. Es müssen also an den Grenzen einer Schlackenmasse auf der Sonnenoberfläche Wirbelwinde entstehen, deren Rotationsaxe horizontal den Contouren der Schlackenmasse folgt und durch diese bestimmt wird.

In den über der Schlackenmasse befindlichen Theilen der Sonnenatmosphäre müssen sich wegen der geringeren Strahlung nothwendig Condensationsproducte bilden, die bei ihrer wolkenartigen Natur der Form und Gestaltung nach wesentlich durch die nach dem Centrum gerichteten Strömungen der Atmosphäre bedingt sein werden. Ist nun die der niedrigeren Temperatur über der Schlacke entsprechende Spannkraft der Dämpfe erreicht, was offenbar mit Annäherung der bewegten Theile der Atmosphäre nach dem Centrum der Inseln in steigendem Maasse der Fall sein wird, so fällt die Ursache fernerer Trübungen fort, und wir erblicken durch den gelichteten und zerrissenen Wolkenschleier die darunter befindliche Schlackeninsel als Kernfleck.

Die Grenzen dieser Insel werden also nach dieser Theorie noch von den Penumbren verdeckt, welche die uns sichtbar

werdenden wolkenartigen Producte der Abkühlung der Sonnenatmosphäre über einer Schlackenmasse sind. Hiernach müssen die über dem Kernfleck befindlichen Theile der Sonnenatmosphäre als mit Dämpfen erfüllte Massen von solcher Spannkraft betrachtet werden, wie sie der niedrigeren Temperatur über der Schlackeninsel entspricht. Hierdurch erklärt sich mit Rücksicht auf den im letzten Hefte beschriebenen Versuch[1]), die Verbreiterung der dunklen Spectrallinien, wo sie einen Sonnenfleck durchschneiden. — Ob wir durch die zerrissene Wolkendecke direct auf die Schlacken oder auf eine unmittelbar über denselben gelagerte Wolken- oder Nebelmasse sehen, welche demgemäss kühler und niedriger als die Penumbrawolke sein muss, mag zunächst, als für die Erklärung der wesentlichen Erscheinungen bedeutungslos, dahingestellt bleiben.[2])

---

[1]) Es ist dies der bereits von Kirchhoff im Jahre 1860 beschriebene Versuch (Poggendorff's Annalen, Bd. CIX, p. 297), durch welchen gezeigt wird, dass die geringe Menge von glühendem Natriumdampf in dem Mantel einer Weingeistflamme, vermöge ihrer niedrigen Temperatur im Stande ist, die Natronlinien im Sonnenspectrum zu verbreitern und dunkler zu machen, wenn die Sonnenstrahlen durch jene Flammen geleitet worden sind. Kirchhoff bemerkt hierzu: „Es hat im ersten Augenblicke etwas Befremdendes, dass das Natrium in der kleinen Flamme die Wirkung noch merklich verstärken kann, welche das Natrium in der ungeheuren Sonnenatmosphäre auf die Lichtstrahlen ausgeübt hat. Das Befremdende verschwindet aber, wenn man erwägt, dass die Helligkeit der Linien *D* im Sonnenspectrum durch die Temperatur der Sonnenatmosphäre, vornehmlich ihrer äusseren Schichten, bedingt ist, und dass die Temperatur dieser sicher sehr viel grösser, als die einer Leuchtgasflamme ist.“ Man sieht hieraus, dass die Verbreiterung und Verdunkelung einiger Metall-Linien im Spectrum der Sonnenflecke nicht als ein Beweis für die grössere Quantität absorbirender Dämpfe an diesen Stellen betrachtet werden darf, sondern zunächst nur für die Existenz einer niedrigeren Temperatur der absorbirenden Gasschichten.

[2]) Es ist wohl selbstverständlich, dass man sich den Blick auf die Schlackenmasse des Kernfleckes nicht als einen so ungestörten und directen vorstellen darf, wie z. B. denjenigen auf die Mondoberfläche. Bei der dampfreichen Atmosphäre der Sonne und der immer noch sehr hohen Temperatur abgekühlter Schlacken, wird man es als unzweifelhaft betrachten dürfen, dass unsere Blicke nicht direct auf die feste Masse des Kernfleckes, sondern auf die über demselben condensirten Dämpfe fallen.

Aus der Natur der besprochenen Wirbelwinde geht nun ferner hervor, dass nach dem Centrum eines Sonnenflecken ein absteigender, an den äussern Rändern der Penumbra dagegen ein aufsteigender Strom in der Atmosphäre stattfindet. Hieraus folgt, dass der innere Rand der Penumbra tiefer als der äussere liegen, und daher das ganze, uns als Penumbra erscheinende, Wolkengebilde konisch oder trichterförmig nach der Mitte des Kernfleckes vertieft sein muss.

Hierdurch erklärt sich die beobachtete Verbreiterung der Penumbra nach dem Sonnenrande in bekannter Weise als ein Phänomen der Perspective. Ebenso findet die eigenthümliche, radiale Schattirung der Penumbra durch die Richtung der vorhandenen Atmosphärenströmung ihre Erklärung.

Sind die erwähnten Wirbelstürme kräftig genug, um die gegenwärtig mit dem Namen der Chromosphäre belegte Schicht bis in höhere Regionen emporzureissen, so werden uns diese Theile als Protuberanzen erscheinen. Mit Rücksicht auf die oben besprochene Bewegungsrichtung der Wirbel folgt, dass solche aufwärts steigende Ströme an dem äusseren Rande der Penumbra liegen müssen und dieser Umstand erklärt sowohl den Zusammenhang der Protuberanzen mit den Sonnenflecken als auch die in der Nähe der Penumbra beobachteten stärkeren Lichtprocesse."

Als Ergänzung zu diesen Erklärungen erlaube ich mir gegenwärtig nur noch Folgendes hinzuzufügen.

Den entwickelten Anschauungen gemäss repräsentirt der von der Penumbra auf der Sonnenscheibe occupirte Raum das Circulations-Gebiet derjenigen Strömungen, welche durch die Temperaturverschiedenheit zwischen der kühleren Schlackenmasse und den sie umgebenden, glühend-flüssigen Theilen der Sonnenoberfläche in der darüber liegenden Atmosphäre erzeugt werden. Die unteren von der Mitte des Kernfleckes centrifugal gerichteten Strömungen müssen als abgekühlte Massen die Temperatur der von ihnen bespülten Theile der Sonnenoberfläche erniedrigen. Mit Berücksichtigung des entgegengesetzt fliessenden Oberstromes blicken wir also bei der

Penumbra durch relativ heissere auf relativ kühlere Gasschichten, so dass durch die Lücken der oberen Condensationswolken in der Penumbra ein etwas dunklerer Hintergrund als an den übrigen Stellen der Sonnenoberfläche sichtbar wird. Hierdurch erklärt sich sowohl die geringere Helligkeit der Penumbra im Allgemeinen als auch die öfter auf ihr und an ihren Grenzen beobachtete Veränderung (resp. Umkehr) des Helligkeitsverhältnisses von Spectrallinien. Eine genauere Begründuug dieser Erscheinung ergiebt sich aus dem oben citirten Versuch Kirchhoff's und den bei Beschreibung desselben ausführlich erörterten Ursachen, durch welche die relative Helligkeit der Spectrallinien bestimmt wird. Gleichzeitig wird aber auch durch diese Anschauung von der Beschaffenheit und den physischen Ursachen der Penumbra die relativ starke Veränderlichkeit der Grenzen erklärlich.

8.

Es seien mir hier noch einige Bemerkungen über die Temperaturbestimmung glühender Körper im Allgemeinen gestattet. Nach dem Kirchhoff'schen Satze[1]) ist das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen E und dem Absorptionsvermögen A eine für alle Körper gleiche Function der Temperatur t und Wellenlänge λ, so dass man unabhängig von der besonderen Beschaffenheit der Körper die folgende Beziehung hat:

$$\frac{E}{A} = J_{\lambda t}$$

Ist der Körper ein undurchsichtiger, so dass $A = 1$ gesetzt werden kann, so ist:

$$E = J_{\lambda t}$$

Bezüglich dieser bis jetzt noch unbekannten Function bemerkt Kirchhoff a. a. O. S. 292 Folgendes:

„Es ist eine Aufgabe von hoher Wichtigkeit, diese Function zu finden. Der experimentellen Bestimmung derselben stehen grosse Schwierigkeiten im Wege; trotzdem scheintde Hoffnung gegründet, sie durch Versuche ermitteln

[1]) Poggendorff's Annalen CIX, S. 291 ff.

zu können, da sie unzweifelhaft von einfacher Form ist, wie alle Functionen es sind, die nicht von den Eigenschaften einzelner Körper abhängen, und die man bisher kennen gelernt hat. Erst wenn diese Aufgabe gelöst ist, wird die ganze Fruchtbarkeit des bewiesenen Satzes sich zeigen können."

In meiner Inauguraldissertation [1]), die kurz vor der Arbeit Kirchhoff's erschien und auszugsweise in dem gleichen Bande von Poggendorff's Annalen [2]) publicirt ist, habe ich die Lichtemission von galvanisch glühenden Platindrähten photometrisch bestimmt und gleichzeitig hierbei durch Beobachtung des Widerstandes und der Stromstärke die Wärmemengen gemessen, welche bei jedem Werthe der Lichtemission in den Drähten entwickelt wurden. Die von den Drähten ausgesandte Strahlenmenge wurde durch Anwendung eines rothen und grünen Glases in zwei Gruppen getheilt und die Intensitätsveränderungen einer jeden gesondert bestimmt. Das rothe Glas verschluckte alle Strahlen vom violetten Ende des Spectrums bis zur Linie D, das grüne Glas dagegen liess gerade diese Strahlen hindurch und absorbirte die Strahlen vom rothen Ende des Spectrums bis zu jener Linie. Es waren demnach für die angewandten Intensitäten beide Gläser nahezu complementär, obschon in verschiedenem Grade homogen.

Dennoch hielt ich es bei dem grossen Interesse, welches sich nach dem oben Bemerkten gegenwärtig an die Kenntniss der Beziehung zwischen der Temperatur und Lichtemission eines glühenden Körpers knüpft, der Mühe nicht unwerth, zu untersuchen, ob zwischen den von mir beobachteten Lichtentwickelungen der galvanisch glühenden Platindrähte und den in ihnen entwickelten Wärmemengen eine einfache Relation bestehe.

Ich erlaube mir hier zunächst die der Tab. III. in der erwähnten Abhandlung (Pogg. Ann. CIX, S. 267) entnommenen Beobachtungsdaten mitzutheilen, indem ich gleichzeitig bezüg-

[1]) Photometrische Untersuchungen, insbesondere über die Lichtentwickelung glühender Platindrähte. Basel 1859.

[2]) Bd. CIX, S. 244—275.

lich genauerer Angaben über Anstellung der Versuche auf jene Arbeit verweise.

Die zu Grunde gelegten Einheiten und ihr Verhältniss in den Lichtmengen für rothes Licht (J_ϱ) und grünes Licht (J_χ) sind unbekannt. Den Anordnungen der Beobachtungen gemäss wurde die Intensität des galvanischen Stromes jederzeit so regulirt, dass bei den verschiedenen Drähten die ausgesandten Lichtmengen dieselben waren. Die hierbei entwickelten Wärmemengen differirten nach Maassgabe der verschiedenen Dicken der angewandten Drähte.

Der eine Draht No. I hatte eine Dicke von 0.178 Millim., der andere No. IV eine Dicke von 0.1035 Millim. Die entwickelten Wärmemengen wurden durch das Product des Widerstandes in das Quadrat der Stromstärke gemessen.

	Lichtmengen.		Wärmemengen.	
No.	J_ϱ (Roth)	J_χ (Grün)	w_I (Draht I)	w_{IV} (Draht IV)
1.	301	78	4.494	5.000
2.	670	174	5.011	5.387
3.	1170	409	5.413	5.948
4.	2500	831	5.984	6.345
5.	4132	1611	6.502	6.947
6.	5868	2450	6.600	7.338
7.	7500	3290	6.768	7.469
8.	8830	4333	6.908	7.601

Ein Blick auf diese Werthe lässt sofort erkennen, dass zwischen der Licht- und Wärmeentwickelung in den Drähten keine Proportionalität stattfindet, sondern dass die Lichtemission in einem sehr viel schnelleren Verhältniss als die sie erzeugende Wärmemenge zunimmt. Ich setzte daher

$$J = a \cdot e^{cw}$$

und nahm bei einem vorläufigen Versuche für beide Strahlengruppen $a = 1$ an, so dass unter dieser Voraussetzung:

$$\frac{\log J}{w} = c.$$

Die folgende Tafel enthält die Werthe dieses Quotienten für jeden Draht und für die beiden verschiedenen Strahlenklassen.

No.	Rothes Licht. $\frac{\log J_\varrho}{w_I}$	Rothes Licht. $\frac{\log J_\varrho}{w_{IV}}$	Grünes Licht. $\frac{\log J_\chi}{w_I}$	Grünes Licht. $\frac{\log J_\chi}{w_{IV}}$
1.	0.5717	0.5054	0.4210	0.3784
2.	0.5653	0.5249	0.4470	0.4158
3.	0.5669	0.5158	0.4815	0.4391
4.	0.5678	0.5356	0.4880	0.4603
5.	0.5562	0.5205	0.4933	0.4616
6.	0.5709	0.5135	0.5136	0.4619
7.	0.5725	0.5188	0.5197	0.4709
8.	0.5714	0.5192	0.5265	0.5784

Es ergiebt sich hieraus, dass für die homogeneren, rothen Strahlen in der That die Constanz des fraglichen Verhältnisses mit hinreichender Genauigkeit stattfindet. Dass hierbei der Werth der Constanten a nahe mit der Einheit der willkürlich zu Grunde gelegten Lichteinheit übereinstimmt, ist offenbar ein rein zufälliger Umstand. Ohne aber hier auf eine genauere Bestimmung der Constanten der hypothetischen Function näher eingehen zu wollen, mag bezüglich der weniger homogenen grünen Strahlen kurz noch Folgendes bemerkt werden.

Gesetzt, es bestände für Strahlen von derselben Wellenlänge zwischen der in einem Körper entwickelten Wärmemenge und seinem Emissionsvermögen allgemein die angenommene Beziehung:

$$J = a \cdot e^{cw}$$

so ist klar, dass für eine Strahlenmasse, welche nicht homogen ist, sondern, wie die durch das grüne Glas hindurchgehende, bei steigender Temperatur stets neue Strahlen von geringerer Wellenlänge in sich aufnimmt, auch die Grösse c keine Constante sein kann. Dieselbe wird vielmehr mit steigendem Werthe von w wachsen müssen, entsprechend einer stärkeren Zunahme der ausgestrahlten Gesammtlichtmenge. Eine solche stetige Zunahme zeigt sich nun in der That in den obigen Werthen des Verhältnisses $\frac{\log J_\chi}{w}$ für grünes Licht.

Ist man bei den vorliegenden Beobachtungen berechtigt, die von Pouillet beobachteten geringen Veränderungen der specifischen Wärme des Platins bei hohen Temperaturen zu

vernachlässigen, so sind die beobachteten Veränderungen der entwickelten Wärmemengen proportional den Temperaturveränderungen der Drähte. Die Beziehung zwischen dem Emissionsvermögen eines Körpers und seiner Temperatur für homogene Strahlen würde dann also durch eine analoge Function dargestellt werden können und hierdurch die experimentelle Bestimmung der Kirchhoff'schen Function auf dem angedeuteten Wege wenigstens in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur angebahnt sein.

Für practische Zwecke der Temperaturbestimmung undurchsichtiger, glühender Körper auf optischem Wege wäre jedoch eine theoretische Kenntniss jener Function nicht einmal erforderlich; es würde genügen, für einige Strahlengattungen an möglichst verschiedenen Stellen des Spectrums die betreffenden Constanten zu bestimmen, durch welche die Lichtemission als Exponentialfunction mit der Temperatur des glühenden Körpers in Verbindung steht. Da diese Function für alle undurchsichtigen, schwarzen Körper unabhängig von ihrer sonstigen Beschaffenheit, dieselbe sein muss, so wäre nur die photometrische Vergleichung der betreffenden Stelle des Spectrums mit der analogen Stelle eines anderen undurchsichtigen Körpers von bekannter Temperatur erforderlich, um aus dem beobachteten Intensitätsverhältniss mit Hülfe jener Function die unbekannte Temperatur des zweiten Körpers abzuleiten.

Um eine bestimmte Vorstellung von dem hierbei einzuschlagenden Verfahren zu geben, denke man sich folgende Anordnung des Apparates. Vor dem Spalte eines Spectroskopes seien zwei rechtwinklige Reflexionsprismen derartig befestigt, dass die Reflexionsflächen nach entgegengesetzten Seiten gerichtet sind, so dass die Strahlen zweier verschiedenen Lichtquellen, die sich zu beiden Seiten des Spectroskopes befinden, in zwei neben einander liegende Spectra ausgebreitet werden. Die eine dieser Lichtquellen sei ein galvanisch glühendes Platinblech, für welches in ähnlicher Weise wie bei den oben beschriebenen Versuchen für eine bestimmte Strahlengattung empirisch die Constante der Lichtemissionsfunction bestimmt ist. Einige directe calorimetrische Be-

stimmungen der Temperatur bei verschiedenen Graden des Glühens würden, unter den gegebenen Bedingungen und für eine erste Annäherung, zur Begründung der fraglichen Methode ohne Schwierigkeiten ausgeführt werden können. Wird nun die andere Hälfte des Spaltes durch einen undurchsichtigen glühenden Körper von hinreichender Ausdehnung erleuchtet, so dass die scheinbare Fläche die ganze Oeffnung des Spaltes erfüllt, so würde das photometrisch bestimmte Intensitätsverhältniss beider Spectra an der betreffenden Stelle mit Hülfe der für das Platinblech ermittelten Function unmittelbar die Temperatur des zweiten Körpers bestimmen. Zur photometrischen Variation der Lichtmengen würde sich das Polarisationsprincip eignen. Man könnte zu diesem Zwecke die Strahlen einer jeden der zu vergleichenden Lichtquellen vor ihrem Eintritt in die Reflexionsprismen durch Nicol'sche Prismen gehen lassen, deren Schnitte senkrecht zu einander stehen, so dass die beiden Spectra im Gesichtsfelde des Spectroskopes aus senkrecht zu einander polarisirtem Lichte bestehen. Ein im Oculare des Spectroskopes angebrachtes Nicol'sches Prisma verändert dann nach dem bekannten Gesetze das Intensitätsverhältniss der beiden Spectra proportional dem Quadrate der Tangente des Drehungswinkels. Die angedeutete Methode ist jedoch nur unter solchen Bedingungen anwendbar, wo gleich grosse scheinbare Flächenstücke der zu vergleichenden Körper ihr Licht in das Spectroskop senden, und ausserdem die Strahlen beider Körper bis zu ihrem Eintritt in den Spalt des Spectroskopes keine verschiedene Absorption erleiden. Der ersten Bedingung kann, wie schon bemerkt, durch eine hinreichende scheinbare Grösse der Körper genügt werden, die zweite Bedingung dagegen wird im Allgemeinen nur für irdische Körper realisirbar sein, indem das Licht der Himmelskörper erst nach Verlust des von der Atmosphäre absorbirten Lichtes zu unseren Apparaten dringt, und mit Ausnahme des Sonnenlichtes von Objecten mit verschwindend kleiner scheinbarer Grösse ausgestrahlt wird.

Zur Beseitigung dieser Beschränkung der angedeuteten Methode sei kurz Folgendes bemerkt. Gesetzt, es befänden sich im Gesichtsfelde des oben erwähnten Apparates zwei

Spectra nebeneinander, deren Licht von Körpern ausgesandt wird, welche sich in verschiedener Entfernung befinden und deren Strahlen auf ihrem Wege zum Spectroskop verschiedene Absorption erleiden. So lange die letztere nicht electiver Natur ist, d. h. also durch farbige durchsichtige Medien bewirkt wird, kann durch die angedeuteten Umstände das Intensitätsverhältniss homologer Theile der beiden Spectra für alle Strahlengattungen nur um dieselbe Grösse geändert werden. Schwächt man daher in dem erwähnten Apparate das hellere Spectrum so weit ab, dass die Helligkeit einer beliebigen Strahlengattung mit der homologen des anderen Spectrums übereinstimmt, so müssen, falls die beiden Körper gleiche Temperatur besitzen, auch alle übrigen homologen Theile photometrisch mit einander übereinstimmen. Ist die Temperatur verschieden, so findet diese Uebereinstimmung nicht statt, sondern wenn die beiden Spectra für eine bestimmte Strahlengattung (z. B. für die der Linie *D* entsprechende) photometrisch gleich gemacht worden sind, werden im Allgemeinen die stärker brechbaren Strahlen des dem heisseren Körper angehörigen Spectrums über die homologen des kühleren prävaliren. Die Intensitätsverhältnisse, welche hierbei stattfinden, sind Functionen der Temperatur, welche sich aus der Kirchhoff'schen Function ergeben müssen. Aber auch schon ohne Kenntniss der letzteren würde diese Methode auf Sterne angewandt uns gestatten, die Temperaturverhältnisse derselben wenigstens qualitativ zu bestimmen, d. h. zu entscheiden, welcher von zwei Sternen eine höhere Temperatur besitzt. Ich habe mit Hülfe meines Astrophotemeters, vor dessen Ocular ein kleines Prisma *à vision directe* angebracht war, einige Versuche dieser Art angestellt und mich im Allgemeinen von der Ausführbarkeit der Methode überzeugt.[1]) Es ist übrigens auch schon ohne Anwendung photometrischer Methoden allen Beobachtern von Sternspectren bekannt, dass bei den weissen Sternen im Allgemeinen die stärker brechbaren Theile des Spectrums viel intensiver als bei gelben und

[1]) Vierordt hat bereits Vorschläge zur photometrischen Vergleichung von Stern-Spectren gemacht. Vergl. Astron. Nachr. (1871) Nr. 1863, S. 237.

rothen Sternen hervortreten. Die Temperatur jener Sterne muss demgemäss im Allgemeinen auch eine höhere als die der gelben und rothen Sterne sein. Wenn man hiermit die merkwürdige, von P. Secchi gemachte Beobachtung in Verbindung bringt, dass die verschiedenen Typen der Sternspectra nicht gleichmässig unter den Sternen vertheilt sind, sondern in gewissen Gegenden des Himmels der eine oder andere Typus prävalirt, so würde dies auf entsprechende Unterschiede des Abkühlungsstadiums dieser Gebiete unseres Fixsternsystems, und bei gleicher Entstehungszeit seiner consolidirten Massen, auf eine Grössenverschiedenheit der letzteren schliessen lassen.

9.

Wenn das oben für glühende Platindrähte näherungsweise gefundene Gesetz der Lichtemission seiner Form nach ein allgemeines wäre und mit der Kirchhoff'schen Function J für undurchsichtige, schwarze Körper übereinstimmte, so müsste dasselbe auch auf Wärmestrahlen angewandt werden können.

Dass zwischen der Wärmestrahlung eines Körpers und seiner Temperatur keine Proportionalität stattfindet, habe ich bereits früher gelegentlich einer Kritik der von P. Secchi zur Temperaturbestimmung der Sonne angewandten Methode hervorgehoben.[1])

Hr. Soret[2]) hat vor Kurzem durch interessante Versuche nachgewiesen, dass in der That die Wärmestrahlung eines Körpers viel schneller als seine Temperatur wächst, und dass somit die von P. Secchi bei seiner actinometrischen Temperaturbestimmung der Sonne gemachte Voraussetzung: „*La radiation d'un corps est proportionelle à sa température*“[3]) eine unzulässige war.

Hr. Soret versetzte eine Zirkon-Platte durch ein Knallgasgebläse in lebhaftes Glühen und bestimmte die dabei stattfindende Wärmestrahlung mit Hülfe desselben Actinometers,

[1]) Vgl. oben S. 112.

[2]) *Archives de Genève. T. 44, S. 220—229. 1872.*

[3]) Secchi, *Le Soleil.* Paris 1870, S. 265.

welches ihm zur Messung der Sonnenstrahlung gedient hatte. Unter Voraussetzung des von P. Secchi bei der Sonne angewandten Proportionalitätsgesetzes ergab sich für die Temperatur der glühenden Zirkonscheibe ein Werth von 45990° C., während in Wirklichkeit ihre Temperatur nicht mehr als 2500° betragen konnte.

Die auf P. Secchi's Formel bezüglichen Worte des Hrn. Soret (a. a. O. 228) sind folgende:

„En employant cette formule, et en partant de la valeur de $t - \theta$, que j'avais obtenue au sommet du Mont-Blanc, le Rev. P. Secchi était arrivé au chiffre $T = 5335000°$.[1])

Pour contrôler l'exactitude de ce raisonnement, appliquons le à la détermination de la température de la zircone chauffée à la lampe oxyhydrique. On aura:

$$0°25 = \frac{T}{183960}$$

d'ou:

$$T = 45990°$$

chiffre qui est absolument inadmissible, car la température d'un corps chauffé à la flamme oxyhydrique est tout au plus de 2500°.“

Es wäre also bei diesem Experimente die wirkliche Temperatur des glühenden Körpers ungefähr 20 Mal grösser als die theoretisch nach dem Proportionalitätsgesetz berechnete. Lägen ähnliche Versuche bei anderen Temperaturen der erhitzten Zirkonscheibe vor, so wäre man im Stande, näherungsweise die Curve zu construiren, nach welcher die Wärmeausstrahlung des glühenden Körpers mit seiner Temperatur wächst. Mit Berücksichtigung des Umstandes, dass hier nicht homogene, sondern gemischte Strahlen zur Wirkung gelangen, würde analog der oben für die weniger homogenen Strahlen des glühenden Platindrahtes gefundenen Beziehung, die Curve bei steigender Temperatur fortdauernd schneller als für homogene Strahlen ansteigen. Ganz abgesehen von dem Charakter einer Exponentialfunction, würde man im vorliegenden Falle jedenfalls zu der Annahme berechtigt sein, dass das Verhält-

[1]) Die von P. Secchi für die Oberfläche der Sonne berechnete Temperatur.

niss der nach dem Proportionalitätsgesetze von P. Secchi gefundenen Temperatur der Sonne zur wahren Temperatur der Sonnenoberfläche in einem grösseren Verhältniss stände, als dies von Hrn. Soret für das Verhältniss der ebenso berechneten Temperatur der glühenden Zirkonscheibe zu ihrer wahren Temperatur gefunden wurde.

Nimmt man dieses Verhältniss, den obigen Werthen entsprechend, in runder Summe zu 20 an, so würde sich ergeben, dass die mittlere Temperatur der Oberfläche der Sonne jedenfalls niedriger als 267000° C. sein müsste. Selbstverständlich schliesst dies nicht höhere Temperaturen in grösseren Tiefen des Sonnenkörpers aus. Nach einer bereits gegebenen Berichtigung[1]) zu S. 186 meiner früheren Abhandlung würde sich z. B. in einer Tiefe von etwa $^1/_{40}$ des Sonnenradius unterhalb der Sonnenoberfläche eine Minimaltemperatur von ungefähr einer Million Gr. ergeben. Zum Schlusse dieser Abhandlung erlaube ich mir übrigens die bereits a. a. O. über Temperaturbestimmungen der Sonne gemachte allgemeine Bemerkung zu wiederholen, nämlich „dass es sich bei der grossen Ungenauigkeit der zu diesen Berechnungen nothwendigen empirischen Daten vorläufig nur darum handeln kann, ganz rohe Näherungswerthe zu erhalten, welche nicht sowohl die fraglichen Temperaturgrössen selbst als vielmehr nur die Ordnung derselben feststellen."

[1]) Natur der Cometen, S. 490. Vgl. oben S. 204.

Erwiderung auf die Bedenken des Hrn. Reye gegen meine Erklärung der Sonnenflecke und Protuberanzen.

(Abdruck aus Poggendorff's Annalen Bd. 149. S. 406.)

Herr Professor Reye hat vor Kurzem in diesen Annalen (Bd. CXLIX, 468, ff.) Bedenken gegen meine Anschauungen von der physischen Beschaffenheit der Sonne ausgesprochen, auf welche ich mir Folgendes zu erwidern erlaube.

Hr. Reye erkennt in seinem Buche über Wirbelstürme[1]) trotz des von ihm entdeckten und von mir mit verbindlichem Danke verbesserten Fehlers[2]) die principielle Berechtigung meines Einwandes gegen die wolkenförmige Natur der Sonnenflecke an, indem er (a. a. O. 177) wörtlich sagt:

[1]) „Die Wirbelstürme, Tornado's und Wettersäulen in der Erd-Atmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen- Atmosphäre, dargestellt und wissenschaftlich erklärt von Dr. Theodor Reye, ord. Professor a. d. Universität Strassburg. Hannover 1872."

[2]) Berichte der K. S. Ges. d. W. Sitzung am 21. Febr. 1872, S. 182 „Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne", 2. Abhandlung.

Meine Worte an der betreffenden Stelle sind folgende:

„Uebrigens bin ich Hrn. Reye zu Dank verpflichtet, dass er S. 177 seiner Schrift einen Fehler verbessert hat, den ich mir in meiner Abhandlung „Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten" S. 91 bezüglich der Verwandlung der Sonnenflecken in Streifen nach Analogie der auf Jupiter und Saturn beobachteten Streifenbildung wolkenartiger Produkte habe zu Schulden kommen lassen. Aus der von mir in derselben Abhandlung mitgetheilten Tabelle von Carrington ist unmittelbar ersichtlich, dass der Unterschied der täglichen Rotationsgeschwindigkeiten zweier Punkte der Sonnenoberfläche, deren heliographische Breiten um 1° verschieden sind, im Durchschnitt nicht 1,6 Grad (wie irrthümlich von mir angegeben), sondern 1,6 Minuten beträgt." (Vgl. S. 266).

„Zöllner's Einwand bleibt gleichwohl bestehen, wenn er auch sehr an Gewicht verliert."

Wenn daher der Hr. Verfasser in seiner letzten Publication (a. a. O. 409) bemerkt:

„Hrn. Zöllner's einziger Einwand gegen die von Galilei, Kirchhoff und Spörer angenommene wolkenartige Beschaffenheit der Sonnenflecke, dass nämlich eine Streifenbildung bei den einzelnen Flecken nicht wahrgenommen werde, beruht auf einem groben Rechenfehler; . . ."

so dürfte ihn vielleicht nachträglich die Grobheit des Fehlers verleitet haben, die Bedeutung desselben für meine Theorie zu überschätzen. Denn die allgemeineren Gesichtspunkte für die Annahme schlackenartiger Abkühlungsproducte auf der Sonnenoberfläche habe ich vor mehr als 8 Jahren in Verbindung mit der Entwickelungsgeschichte aller glühenden und sich abkühlenden Weltkörper und der Theorie der veränderlichen Sterne darzulegen versucht.[1]) Aber auch abgesehen hiervon, glaube ich in einer erst kürzlich der K. Sächs. Gesellschaft vorgelegten Abhandlung „Ueber den Aggregatzustand der Sonnenflecke"[2]) jene Annahme von rein physikalischen Gesichtspunkten aus noch eingehender begründet zu haben, als mir dies bereits durch den befriedigenden Zusammenhang gelungen schien, in welchen alle wesentlichen Phänomene an der Sonnenoberfläche unter Voraussetzung einer schlackenartigen Natur der Flecke gebracht werden können.

---

[1]) Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipzig 1865. Ich bemerkte hier S. 252 ff. wörtlich Folgendes:

„Eine wesentliche Stütze scheint mir diese Theorie, abgesehen von ihrer Einfachheit, noch dadurch zu erhalten, dass man in den fünf Entwickelungsphasen ungezwungen die verschiedenen Perioden wieder erkennt, welche nach den Ergebnissen der Geologie der von uns bewohnte Planet bereits durchlaufen hat. Sieht man daher bei der Erde von ihrer Erleuchtung durch die Sonne ab, so würde sie in den verschiedenen Stadien ihrer geologischen Entwickelung einem entfernten Beobachter analoge Erscheinungen dargeboten haben, wie man sie gegenwärtig bei der Sonne als Sonnenflecken, bei anderen Fixsternen als periodischen Licht- und Farbenwechsel, allmäliges Verschwinden und als plötzliches Aufleuchten neuer Sterne beobachtet."

[2]) Sitzung vom 7. November 1873. (Vgl. S. 91 ff.)

Der zweite Einwand des Hrn. Reye bezieht sich auf meine Erklärung der sogenannten eruptiven Protuberanzen. Ich bemerkte im Eingange meiner ersten Abhandlung über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne[1]) Folgendes:

„Unter den charakteristischen Formen der Protuberanzen, welche gegenwärtig das Spectroskop mit erweitertem Spalte jederzeit zu beobachten gestattet, befindet sich eine nicht unbeträchtliche Anzahl solcher, deren Anblick jedem unbefangenen Beobachter unmittelbar die Ueberzeugung verschafft, dass wir es hier mit gewaltigen Eruptionen von glühenden Wasserstoffmassen zu thun haben.

Ohne das Gebiet bekannter Analogien[2]) und damit die Bedingung für die Erklärbarkeit kosmischer Phänomene zu verlassen, ist es nicht wohl möglich, eine andere Ursache dieser Eruptionen, als die Druckdifferenz des ausströmenden Gases im Innern und an der Oberfläche der Sonne anzunehmen. Die Möglichkeit einer solchen Druckdifferenz setzt aber nothwendig das Vorhandensein einer Trennungsschicht zwischen den inneren und äusseren Wasserstoffmassen voraus, von denen die letzteren bekanntlich einen wesentlichen Theil der Sonnenatmosphäre bilden."

In einer späteren Abhandlung formulirte ich diese Anschauung in folgender Weise:

„Die eruptiven Protuberanzen entstehen durch Druckdifferenzen zwischen dem Druck einer in der Flüssigkeit eingeschlossenen oder von ihr absorbirten Gasmasse und dem äusseren, durch die Cohärenz und Schwere der oberen Flüssigkeitsschichten vergrösserten Druck der Atmosphäre[3])."

Endlich, in meiner zweiten Abhandlung über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne[4]) erläuterte ich die gleiche Erscheinung mit folgenden Worten:

„Betrachtet man dagegen die Sonne als eine glühend-flüssige Masse, welche mit einer dichten Hülle von Dämpfen und Gasen umgeben ist, die sich entsprechend dem Dalton'schen Gesetze gegenseitig durchdringen, so wird ein Theil der Gase, z. B. des Wasserstoffes, nach Massgabe des Druckes an der Basis der Atmosphäre von der glühend-flüssigen Oberfläche absorbirt werden.[5]) Bestände z. B. die Atmosphäre unserer Erde

[1]) Berichte der K. Sächs. Ges. d. W. Sitzung vom 2. Juni 1870.

[2]) Z. B. der vulkanischen Eruptionsphänomene an der Erdoberfläche. (Zusatz).

[3]) Berichte der K. Sächs. Ges. d. W. Sitzung am 11. Febr. 1871.

[4]) Ebendaselbst. Sitzung am 21. Febr. 1873.

[5]) „Dass auch glühende Flüssigkeiten Gase schon unter geringem Drucke auflösen und absorbiren können, zeigen die Beobachtungen von St. Claire Deville über die Auflösung von Gasen in schmelzendem Glase." *Comptes rendus T. 57, p. 965.*

aus Kohlensäure von einigen Atmosphären Druck, so würden die Oberflächen der Meere aus kohlensaurem Wasser bestehen, aus welchem bei localer Steigerung der Temperatur oder Verminderung des Druckes ein Theil des absorbirten Gases in Form von Gasblasen an der betreffenden Stelle entweichen muss, um das in der Atmosphäre gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen."

Diese Anschauungen von den Ursachen der eruptiven Protuberanzen glaubt Hr. Reye durch folgende Argumente als eine grundlose widerlegen zu können:

„Die Annahme einer feurig-flüssigen Oberflächenschicht der Sonne, aus welcher die eruptiven Protuberanzen hervorbrechen, ist keineswegs, wie Hr. Zöllner behauptet, zur Erklärung dieser Protuberanzen nothwendig; vielmehr können letztere, wie ich nachgewiesen habe, in der Sonnen-Atmosphäre selbst durch den blossen Auftrieb stark erhitzter Gase entstehen (vgl. Wirbelst., S. 169 und 232 bis 234).

Jene Zöllner'sche Annahme ist geradezu unzureichend zur Erklärung derjenigen von Lockyer beobachteten Protuberanzen, in denen die Geschwindigkeit der aufsteigenden Gase oben grösser ist als unten (Wirbelst., S. 168, 169).

Die feurig-flüssige Oberflächenschicht ist Hrn. Zöllner für seine Schlackentheorie der Sonnenflecke schlechterdings unentbehrlich; der einzige anderweitige Grund aber, den er für die Existenz dieser Schicht angiebt (nämlich, dass sie nothwendig sei zur Erklärung gewisser Protuberanzen), ist aus dem oben Gesagten hinfällig."

Diesen Bemerkungen des Hrn. Reye gegenüber werde ich nun nachweisen:

Erstens, dass Hr. Reye sich auf Beobachtungen Lockyer's bezieht, die derselbe niemals angestellt hat, noch anstellen konnte.

Zweitens, dass auch für Hrn. Reye's Erklärung der Sonnenflecke und eruptiven Protuberanzen „durch den Auftrieb stark erhitzter Gase" eine feurig-flüssige oder feste Oberflächenschicht der Sonne „schlechterdings unentbehrlich" ist.

Drittens, dass die sämmtlichen Rechnungen des Herrn Reye, welche sich auf Bewegungserscheinungen in der Atmosphäre der Erde oder der Sonne beziehen, nur als mathematische Fictionen zu betrachten sind, die für reale Verhältnisse jede Bedeutung verlieren.

1.

Die auf Lockyer's Beobachtung bezüglichen Worte, auf welche Hr. Reye sich oben bezieht (Wirbelst., S. 168, 169) lauten folgendermassen:

„Auch Lockyer hat übrigens ähnliche Geschwindigkeiten in der Sonnenatmosphäre beobachtet; am 12. Mai 1869 beobachtete er mitten auf der Sonnenscheibe eine Protuberanz, in welcher das glühende Wasserstoffgas mit nach oben hin wachsender Geschwindigkeit emporstieg, bis es schliesslich mindestens 32 geographische Meilen per Secunde zurücklegte. Das Spectroskop gestattet nämlich, die relative Bewegung glühender Gase in Bezug auf unser Auge zu bestimmen."

Hr. Reye verweist bezüglich dieser Stelle auf 51.b des seiner Schrift angehängten „Literatur-Nachweises" und hier findet sich citirt: „Schellen, die Spectralanalyse, 2. Aufl. 1871." Auf S. 435 dieses Werkes ist durch Reproduction einer Lockyer'schen Zeichnung „die ungleiche Verschiebung der grünblauen Wasserstofflinie $H\beta$" in einer Protuberanz dargestellt, in welcher lebhafte Bewegungen des Gases stattfinden.

Ein Jeder, dem es auch nur einigermassen gelungen ist, sich eine Vorstellung von der hierbei angewandten Beobachtungsmethode zu machen, erkennt sofort, dass hier nicht von einer Protuberanz „mitten auf der Sonnenscheibe" die Rede ist, sondern von der Mitte einer Protuberanz am Rande der Sonne, wo spectroskopisch nur Geschwindigkeiten beobachtet werden können, die parallel der Sonnenoberfläche sind. Dem entsprechend haben also die folgenden Worte in Schellen's Spectralanalyse einen ganz anderen Sinn, als denjenigen, welcher ihnen von Hrn. Reye in obigen Sätzen untergelegt wird. Es wird nämlich über die ungleiche Verschiebung der einzelnen Theile der hellen Wasserstofflinie in jener von Lockyer am 12. Mai 1869 beobachteten Protuberanz a. a. O. Folgendes bemerkt:

„Die grünblaue Linie des Wasserstoffes nämlich erlitt offenbar im Spectroskope eine sehr ungleiche Verschiebung; die unteren Theile, welche der dunklen *F*-Linie zunächst lagen, erfuhren eine geringere Verschiebung und daher eine kleinere Aenderung (Verkürzung) der Wellenlänge, als die entfernter oder höher hinauf liegenden Theile, ein Zeichen, dass das glühende Wasserstoffgas von der Sonne aus dem Auge des Beobachters sich näherte

und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche in den höheren und minder dichten Regionen der Sonnenumgebung grösser war, als in den niedriger gelegenen ... Lockyer fand, dass die äusserste Verschiebung der hellen *F*-Linie aus einer Verkürzung der Wellenlänge herrührte, welche eine Geschwindigkeit des Gasstromes von mindestens 32 geographischen Meilen in einer Secunde in der Richtung von der Sonne zur Erde hin anzeigte."

Es kann also hier, wie man sieht, an eine aufsteigende Bewegung eines Gasstromes und eine Beschleunigung dieser Bewegung in höheren Regionen gar nicht gedacht werden; — und dennoch glaubt Hr. Reye gerade in dieser Beobachtung Lockyer's eine wesentliche Bestätigung seiner Theorie und ein Argument gegen die meinige gefunden zu haben!

Aber es ist auch leicht einzusehen, dass eine solche Beobachtung „mitten auf der Sonnenscheibe", wie sie Hr. Reye fälschlich Hrn. Lockyer zugeschrieben hat, unmöglich ist. Denn obgleich auch auf der Sonnenscheibe aus der Grösse der beobachteten Verschiebungen der Wasserstofflinie auf die Geschwindigkeit der auf- und absteigenden Ströme geschlossen werden kann, so fehlt doch offenbar jeder Anhalt zur Beurtheilung der Höhe, in welcher sich die bewegte Gasmasse über der sichtbaren Sonnenoberfläche befindet. Es können folglich auch keine Unterschiede der Geschwindigkeit bestimmt werden, welche diese Gasströme in verschiedenen Höhen über der Sonnenoberfläche besitzen.

2.

Im Anschluss an einige Beobachtungen Lokyer's über wirbelartige Bewegungen in Protuberanzen und an eine am 29. August 1869 von mir selber beobachtete Protuberanz, welche Andeutungen einer solchen Bewegung zeigte, spricht Hr. Reye seine Ansicht von der Entstehung eruptiver Protuberanzen in folgenden Worten aus (Wirbelst., 169):

„Wir sind zu der Annahme berechtigt, dass diese Wirbelstürme der Sonnen-Atmosphäre auf ähnliche Weise entstehen wie die grossen Cyclonen unserer Oceane, oder besser gesagt (weil ja über ihnen keine wolkenartigen Niederschläge, sondern höchstens glühende Gaswolken sich bilden) wie unsere kleineren Wirbelwinde und Staubhosen. Bei solchen Protuberanzen, in denen das Wasserstoffgas mit nach oben hin wachsender Geschwindigkeit über die Chromosphäre emporsteigt, dürfte die Annahme eines vorhergehenden labilen Gleichgewichts-Zustandes der Sonnenatmosphäre geradezu noth-

wendig sein. Dass Alles, was wir bis jetzt über die enormen Geschwindigkeiten der eruptiven Protuberanzen wissen, sehr gut mit dieser Annahme vereinbar ist, beweisen unsere Rechnungen im Anhange No. 4.“

Dass diese „Rechnungen“ des Hrn. Reye für „die enormen Geschwindigkeiten der eruptiven Protuberanzen“ gar nichts beweisen können, erhellt einfach aus dem Umstande, dass diese Geschwindigkeiten bei jenen Rechnungen bereits als gegeben vorausgesetzt und als solche in die Formeln eingeführt werden. Hr. Reye sagt wörtlich in jenem Anhange No. 4, S. 233:

„Berücksichtigen wir dagegen den Auftrieb dieser Gasmassen, indem wir unsere Gleichungen (16a) benutzen und nehmen wir ebenso wie Zöllner $V_0 = 179400^m$ ... an, so ergiebt sich ....“

V_0 ist nun aber jene enorme Anfangsgeschwindigkeit von 24,17 geogr. Meilen, welche sich aus der Höhe einer bestimmten Protuberanz nach den bekannten Fallgesetzen ergab, wenn man annimmt, dass diese Höhe von der Protuberanz als freie, emporgeschleuderte Masse erreicht worden ist. —

Für die Entstehung der Sonnenflecken nimmt Hr. Reye im Wesentlichen ganz dieselben Ursachen an, d. h. einen aufsteigenden, cyclonenartig bewegten Luftstrom, welcher durch Ueberhitzung tieferer Schichten der Sonnenatmosphäre erzeugt wird. Die Entstehung eines Fleckes wird nämlich von Hrn. Reye wörtlich in folgender Weise geschildert (Wirbelst., S. 179):

„An einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche, die gleich den Fackeln heller erscheinen wird als ihre Umgebung, mögen also die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen und Gasen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden. Sie dehnen sich dabei aus und erkalten, nachdem sie vielleicht 100 oder 200 geographische Meilen gestiegen sind, so stark, dass die Metalldämpfe sich theilweise verdichten; ihre frei werdende latente Wärme vergrössert zugleich den Auftrieb der übrigen Dampf- und Gasmassen. Eine Wolke bildet sich als dunkler Fleck über der hellen Stelle, rasch wachsend von dem nachströmenden Dampfe....“

Demgemäss erklärt Hr. Reye:

„Die Sonnenflecke sind wolkenartige Verdichtungsproducte in den tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre, welche sich ähnlich wie die grossen Wolkenschichten der irdischen Cyclonen von unten her erneuern.“ (a. a. O. 178)

In den vorstehenden Sätzen wird also, wie man sieht, zwei ganz verschiedenen Erscheinungen an der Sonnenober-

fläche, — den eruptiven Protuberanzen und den Flecken — dieselbe Ursache vindicirt, nämlich ein aufsteigender, cyclonenartig bewegter Luftstrom. Weshalb aber in dem einen Falle in jenem Luftstrome „keine wolkenartige Niederschläge, sondern höchstens glühende Gaswolken sich bilden" und so eine eruptive Protuberanz entsteht, die „über die Chromosphäre emporsteigt" — im anderen Falle dagegen „in tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre „eine Wolke sich als dunkler Fleck über der hellen Stelle bildet", dafür habe ich mich vergeblich bemüht, in Hrn. Reye's Buch eine Erklärung zu finden.

Indessen, abgesehen von diesem Umstande, gründet sich die ganze Anschauung des Hrn. Reye von dem Ursprunge der Cyclonen in der Sonnenatmosphäre auf analoge Phänomene in der Erdatmosphäre. Hr. Reye ist daher auch genöthigt, die wesentlichen Bedingungen, unter denen nach seiner Ansicht an der Erdoberfläche Cyclonen, Wettersäulen und ähnliche Phänomene entstehen, auch in der Sonnenatmosphäre vorauszusetzen. Eine wesentliche Bedingung zur Entstehung irdischer Cyclonen ist aber — nach Hrn. Reye's Meinung — die Ueberhitzung der untersten Luftschichten der Atmosphäre durch stark erwärmte Land- oder Meeresflächen. Hr. Reye sucht unter Anderem diese Anschauung durch folgende Betrachtungen zu erläutern:

„Für diese Erklärung der Wettersäulen spricht zunächst deren Analogie mit den heftig wirbelnden Rauch- und Feuersäulen von Redfield, Olmsted und Espy, dann auch ihr plötzliches Auftreten bei Windstille, in schwüler Luft und über erhitzten Flächen, wie z. B. auf sonnigen Plätzen, dürren Steppen und öden Wüsten oder über dem glatten, die Sonne heiss zurückstrahlenden Meeresspiegel. Die über glühender Lava beobachteten Wirbelwinde können gewiss nur durch aufsteigende Luftströme befriedigend erklärt werden . . ."

„Die Plötzlichkeit, mit der sich die Wettersäulen wie von selbst in ruhiger Atmosphäre bilden, und die Heftigkeit ihres Auftretens legen den Gedanken nahe, dass ihnen ein labiles Gleichgewicht der Luft vorhergehe, und dass durch sie die gewaltsame Umwälzung der Luftschichten geschehe, mit welcher das stabile Gleichgewicht sich wieder herstellt . . ." „Bei unruhiger Luft oder auf ungünstigem Terrain würde sehr bald diese erwärmte Luft sich ähnlich, wie die Dampfblasen in kochendem Wasser, in kleineren oder grösseren Massen vom Boden ablösen und aufsteigen, während an anderen Stellen die kältere Luft herabsinkt und sich über den Boden ausbreitet." (Wirbelst., S. 38 u. 39.)

„Ueber einer grösseren Fläche, etwa über einem weiten Flussthale, werde also die windstille oder auch ruhig dahinfliessende Luft vom Boden aus stark erwärmt, bis allmälig ein stark gespannter Zustand des labilen Gleichgewichtes eingetreten ist. An irgend einer Stelle bewirke eine geringe Störung, etwa der Flug eines Vogels oder der Rauch eines Kamines, ein Aufsteigen der Luft. Während diese sich aufwärts bewegt, wächst ihr Auftrieb und damit zugleich ihre Geschwindigkeit; unter ihr bildet sich ein luftverdünnter Raum, nach welchem von allen Seiten die angrenzenden Luftmassen heranströmen, um ihr dann aufwärts zu folgen."

. . . „So erklärt sich, wenn einmal der verticale Luftstrom in den Wettersäulen als das Erste und Ursprüngliche erkannt ist, ganz naturgemäss die Saugwirkung so vieler aufsteigenden Tromben. . . ." (Wirbelst. 46, 47.)

„Welche gewaltige Rolle mögen die Cyclonen aber erst in grauer Vorzeit gespielt haben, als noch die Erde, wie hervorragende Astronomen und Geologen mit Grund behaupten, glühend war! Damals gab es vielleicht Meere von feurig-flüssiger Lava, aber keine von Wasser; letzteres war vielmehr theils durchsichtiger Dampf, theils in Form von schweren, dichten Wolken in der viel weiter als jetzt sich erstreckenden Atmosphäre vertheilt. . . ."

„Während vielleicht auf der feurig-flüssigen Erdoberfläche keine bedeutenden Unterschiede wahrzunehmen waren, zeigte der umgebende Luftraum bei genauer Beobachtung starke, längere Zeit hindurch andauernde Wallungen, die mit den grösseren, regelmässig geformten Wolken in Beziehung standen."

„Ueber die ganze Erde hin waren also die Bedingungen zur Entstehung der ausgedehntesten Cyclonen vorhanden."

„Auch auf der Sonne giebt es ungeheure Cyclonen, und vielleicht dient das, was wir soeben über die Wirbelstürme des früher glühenden Erdballes gesagt haben, dazu, auch die solaren Cyclonen unserem Verständnisse näher zu rücken." (Wirbelst., S. 162, 163, 164.)

Diese Stellen werden zur Genüge beweisen, dass Hr. Reye einen aufsteigenden Luftstrom als wesentliche Ursache des Entstehens von Cyclonen, Wirbelwinden und ähnlichen Phänomenen annimmt. Als wesentliche Bedingung zur Erzeugung dieses aufsteigenden Luftstromes ist er ferner genöthigt, eine locale Temperaturerhöhung der festen oder flüssigen Basis anzunehmen, mag dieselbe nun durch „sonnige Plätze, dürre Steppen und öde Wüsten" oder durch „den glatten, die Sonne heiss zurückstrahlenden Meeresspiegel", oder durch „heisse Lava" und „brennende Schilfgrasfelder" repräsentirt sein. Wenn daher Hr. Reye die eruptiven Protuberanzen und die

Sonnenflecken als Erscheinungen betrachten will, die qualitativ durch dieselben Ursachen und Bedingungen erklärt werden sollen, wie die soeben erwähnten an der Erdoberfläche, so ist er auch logisch gezwungen, auf der Sonne qualitativ dieselben Ursachen und Bedingungen wie auf der Erde vorauszusetzen, d. h. er muss annehmen, dass die Sonnenatmosphäre auf einer glühend-flüssigen oder festen Basis ruht, auf der, durch übrigens unbekannte Ursachen, locale Temperaturerhöhungen entstehen, in Folge deren „die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden." Hr. Reye ist ferner genöthigt anzunehmen, dass auf der Sonnenoberfläche, da, wo sich Cyclonen durch aufsteigende Ströme bilden sollen, kein „ungünstiges Terrain" vorhanden sei, damit nicht jene überhitzten Wasserstoffmassen sich, „ähnlich wie die Dampfblasen in kochendem Wasser, in kleineren oder grösseren Massen vom Boden ablösen und aufsteigen."

In der That, wie will Hr. Reye ohne Annahme einer solchen glühend-flüssigen oder festen Basis der Sonnenatmosphäre den Begriff der „Sonnenoberfläche" und der „dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen" definiren, wenn er sagt:

„An einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche . . . . mögen also die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen und Gasen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden?"

Befinden sich unter jenen „untersten" Schichten noch weitere Schichten von Dämpfen und Gasen, so würde doch die locale Temperaturerhöhung auch dieser Schichten schliesslich immer wieder auf die Oberfläche eines glühend-flüssigen oder festen Kernes der Sonne führen müssen, welche der Sitz der localen Temperaturerhöhung sein müsste, durch welche jene unter den „untersten" liegenden Schichten von Metalldämpfen überhitzt würden.

Wenn übrigens Hr. Reye sich für berechtigt hält, die Entstehung eines Sonnenfleckes durch die Annahme „einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche" zu erklären, sollte er alsdann nicht viel einfacher durch die Annahme „einer besonders kalten Stelle der Sonnenoberfläche" seinen

Zweck erreichen? Denn betrachtet man die Ursachen jener Temperaturunterschiede der Sonnenoberfläche als unbekannte, so ist offenbar die Annahme besonders kalter Stellen ganz ebenso berechtigt wie diejenige besonders heisser Stellen.

Es dürfte aus diesen Betrachtungen, wie mir scheint, deutlich hervorgehen, dass auch Hr. Reye, — will er nicht wesentliche Momente der von ihm selbst gewählten irdischen Analogien willkürlich bei der Sonne aufgeben und sich dadurch in logische Widersprüche verwickeln, — gezwungen ist, bei der von ihm gegebenen Erklärung der Sonnenflecken und Protuberanzen die Existenz einer glühend-flüssigen oder festen Sonnenoberfläche vorauszusetzen.

Hr. Professor Reye ist sich jedoch dieser Widersprüche so wenig bewusst, dass er auf S. 166 seines Buches ganz arglos die Behauptung ausspricht:

„In welchem Aggregatzustande der Sonnenkörper selbst sich befindet, kommt für unsere Erörterungen, die sich auf den wahrnehmbaren Theil der Sonnen-Atmosphäre beziehen, nicht in Betracht."

3.

Ich komme nun zu den Rechnungen des Hrn. Reye. Die Formel zur Berechnung der „Geschwindigkeiten im aufsteigenden Luftstrome", welcher Hr. Reye für seine Theorie und zur Widerlegung der meinigen ein so grosses Gewicht beilegt, begründet derselbe wörtlich in folgender Weise: (Wirbelst. S. 227 ff.)

„Sind die horizontalen Dimensionen eines aufsteigenden Luftstromes nicht allzu gross, so kann innerhalb desselben der Luftdruck p in der Höhe x über der Erdoberfläche gleich demjenigen der durchbrochenen, ruhenden Luft in derselben Höhe angenommen werden. Eine Druckdifferenz kann nur durch die Centrifugalkraft hervorgerufen werden, wenn nämlich der aufsteigende Strom heftig um seine Axe wirbelt; aber selbst in den grössten amerikanischen Tornado's tritt, wie wir wissen, diese Wirbelbewegung sehr zurück gegen die übrigen Bewegungen der Luft. Weil nun die Temperaturen (t', t) und folglich auch die specifischen Volumina (v', v) der aufsteigenden und der sie umgebenden ruhenden Luft in der Höhe x verschieden sind, so wird die aufsteigende Luft in ihrer Bewegung beschleunigt oder verzögert, je nachdem $v' > v$ oder $v' < v$ ist. Wir wollen ihre mit der Höhe x veränderliche Geschwindigkeit V berechnen, indem wir zunächst für ihre Beschleunigung $-\frac{V \cdot d\,V}{d\,x}$ eine Gleichung auf-

stellen; dabei werde die Secunde als Zeiteinheit angenommen und mit $g = 9^m.81$ die Erdacceleration bezeichnet. Da v' das Volumen von einem Kilogramm der aufsteigenden Luft in der Höhe x bezeichnet, so ist $\frac{dS}{v'}$ das Gewicht der im Raumelement dS enthaltenen aufsteigenden Luft. Diesem Gewichte wirkt der Auftrieb entgegen, welcher dem Gewichte $\frac{dS}{v}$ der verdrängten ruhenden Luft gleichkommt. Die Masse $\frac{dS}{gv'}$ der in dS enthaltenen Luft wird demnach durch die Kraft $\left(\frac{1}{v}-\frac{1}{v'}\right)dS$ in ihrer aufsteigenden Bewegung beschleunigt, so dass wir für die Beschleunigung mit Berücksichtigung der Gleichung (8) folgenden Ausdruck[1]) erhalten:

$$\frac{V.dV}{dx} \text{ oder } -\frac{\tau}{100}\cdot\frac{V.dV}{dt} = g\left(\frac{v'}{v}-1\right)\text{“}$$

Ohne hier auf eine Kritik des in obiger Ableitung angewandten Verfahrens zur Behandlung hydrodynamischer Probleme näher einzugehen, erlaube ich mir nur Folgendes zu bemerken.

Die von Hrn. Reye abgeleitete Formel kann offenbar nur so lange gültig bleiben, oder überhaupt einen Sinn haben, als die durch Auftrieb emporsteigende Gasmasse sich in einem Medium bewegt, durch welches der Auftrieb bewirkt wird. Da nun hierbei die aufsteigende Gasmenge nothwendig beim Beginne ihrer Bewegung ruhende Luftmassen verdrängen muss[2]), und diese Verdrängung nicht ohne Ueberwindung

[1]) Die Gleichung (8) bezieht sich auf die Temperaturabnahme in der Atmosphäre und wird a. a. O. (S. 222) durch folgende Bemerkungen erläutert:

„Ferner wollen wir annehmen, dass zwischen den Höhen h und x, von denen $h < x$, die Temperatur gleichmässig von t_0 bis t abnehme. Diese Voraussetzung ist auch in der wirklichen Atmosphäre jedenfalls zulässig, wenn die Differenz $x - h$ nur klein genug gewählt wird. Die Temperaturabnahme betrage τ Grade für je 100 Meter lothrechter Erhebung. Dann folgt:

$$8)\quad t_0 - t = \tau\cdot\frac{x-h}{100}.\text{“}$$

[2]) Bei der von mir beobachteten und oben erwähnten Protuberanz kann sich die „Geschwindigkeit des Emporsteigens“ selbstverständlich nur auf die Geschwindigkeit beziehen, mit welcher der Gipfel oder die obere Grenze der aufsteigenden Protuberanz sich vom Sonnenrande entfernte. Die Geschwindigkeit eines Gasstromes innerhalb eines bereits gebildeten Stromcanals entzieht sich am Sonnenrande jeder Beobachtung.

eines mit der Geschwindigkeit wachsenden Widerstandes denkbar ist, so kann die besagte Formel nur dann zur Berechnung physischer Bewegungen in der Erd- oder Sonnenatmosphäre angewandt werden, wenn jener Widerstand in irgend welcher Weise berücksichtigt wird.

Es ist nun aber bei allen Formeln und theoretischen Erörterungen des Hrn. Reye von einem solchen Widerstande nirgends weder die Rede noch überhaupt die geringste Notiz genommen. Ja sogar bei einer Anfangs-Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstromes von 24,17 geographischen Meilen in der Secunde (!), welche als Beispiel und gleichzeitig als Argument gegen meine Anschauung von den Ursachen eruptiver Protuberanzen in jene Formel eingesetzt wird, um die Zeit ihres Emporsteigens zu berechnen, wird von einem Widerstande gänzlich abstrahirt.

Da aber unter den eruptiven Protuberanzen sehr häufig auch solche vorkommen, welche in „parabolischen Strahlen aus der Höhe zur Sonne zurückfallen“ [1]), so beweisen diese sowohl durch die für den freien Fall der Körper charakteristische Form ihrer Bahn als auch durch ihr Zurückfallen zur Sonne, dass sie nicht durch Auftrieb in einem Medium nach Hrn. Reye's Formel jene Höhe erreicht haben können, sondern sich, meiner Annahme gemäss, wie emporgeschleuderte Massen in einem nahezu widerstandslosen Raume bewegen müssen.

Ich glaube, es bedarf nur des Hinweises auf diese Thatsachen, um meine Behauptung zu rechtfertigen, dass die sämmtlichen Rechnungen des Hrn. Reye, die sich auf Bewegungserscheinungen in der Atmosphäre der Erde oder der Sonne beziehen, auf einer physikalisch unmöglichen Annahme beruhen, welche jene Rechnungen jeder Bedeutung für reale Verhältnisse beraubt.

[1]) Wirbelst. p. 233. Ich citire hier Hrn. Reye's eigene Worte, um zu zeigen, dass er jene Art von charakteristischen Protuberanzen kennt, aber nicht den Widerspruch sieht, in welchem dieselben mit seiner Theorie des Auftriebes stehen.

Aber selbst abgesehen von diesen Widersprüchen mit den Gesetzen der Physik, scheint mir die ganze Deduction, durch welche Hr. Reye meine Erklärung der eruptiven Protuberanzen mit Hülfe seiner Rechnungen zu widerlegen sucht, auch mit logischen Gesetzen in Conflict zu gerathen, indem etwas bewiesen werden soll, was bereits als Voraussetzung gegeben ist.

In der That, was will Hr. Reye beweisen? Er will zeigen, dass meine Annahme einer Druckdifferenz des ausströmenden Gases im Innern und an der Oberfläche der Sonne „zur Erklärung der enormen Anfangs-Geschwindigkeiten der Protuberanzen" überflüssig sei. „Vielmehr können letztere" — sagt Hr. Reye — „wie ich nachgewiesen habe, in der Sonnenatmosphäre selbst durch den blossen Auftrieb stark erhitzter Gase entstehen." (Wirbelstürme, S. 169 u. 232 bis 234.) Der Leser wird sich nun für berechtigt halten, an den citirten Stellen eine Erklärung jener „enormen Anfangsgeschwindigkeit" von 24 geographischen Meilen „durch blossen Auftrieb" zu finden, — indessen er wird enttäuscht; er findet zu seiner grössten Ueberraschung, dass Hr. Reye ohne jede Erklärung bei dem aufsteigenden Strome seiner Sonnen-Cyclonen genau dieselbe Geschwindigkeit als eine bereits gegebene voraussetzt.[1]) Dass nun eine mit jener Anfangs-

[1]) Um dem Leser ein selbstständiges Urtheil über die Richtigkeit meiner Behauptung zu gestatten, erlaube ich mir hier wörtlich die betreffende Stelle aus Hrn. Reye's Werk (S. 232 u. 233) zu reproduciren:

„Zöllner glaubt, dass die so berechnete Zeit τ_1 unter allen Umständen kleiner sein müsste als diejenige T, in welcher die glühenden Gasmassen durch ihren Auftrieb (oder, wie Zöllner sich ausdrückt, vermöge des Archimedes'schen Princips) zu der gleichen Höhe gelangen können. Wäre diese Ansicht richtig, so müsste also ein rasch aufsteigender Luftballon, um eine bestimmte Höhe zu erreichen, mehr Zeit gebrauchen, als ein Körper, der mit einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit ohne Widerstand bis zur gleichen Höhe emporgeschleudert wird. Wir können mit Hülfe unserer Formeln beweisen, dass Dieses ein Irrthum ist; und ein Hauptgrund, der bisher für diese, wie uns scheint, allzu hypothetische Erklärung der eruptiven Protuberanzen geltend gemacht werden konnte, wird demnach hinfällig.

Zöllner nimmt für $x = H$ und für h folgende Zahlen an:

$$x = H = 64370000 \text{ und } h = 5722600 \text{ Meter}$$

geschwindigkeit emporsteigende Gasmasse nach Hrn. Reye's Auftriebsformel um $2^1/_3$ Minuten früher ihre Maximalhöhe erreicht, als wenn sie mit derselben Anfangsgeschwindigkeit ohne Widerstand nach dem bekannten Fallgesetze jene Höhe erreicht hätte, betrachtet Hr. Reye als einen „Nachweis", dass jene „enormen Anfangsgeschwindigkeiten in der Sonnenatmosphäre selbst durch den blossen Auftrieb stark erhitzter Gase entstehen können!"

Nach den bisher gewonnenen Resultaten dürften die übrigen Bedenken des Hrn. Reye gegen meine Anschauungen von der physischen Beschaffenheit der Sonne nur noch ein untergeordnetes Interesse in Anspruch nehmen, namentlich bei gehöriger Berücksichtigung meiner am 7. November d. J. in der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften vorgetragenen Abhandlung „Ueber den Aggregatzustand der Sonnenflecke". (Vgl. S. 91.) Nur auf zwei „Bedenken" sei es mir gestattet hier noch etwas näher einzugehen.

---

so dass $x - h = 58647400^m = 7918$ geogr. Meilen ist. Die Geschwindigkeit V_0 (oder v_1) in der Höhe h berechnet er zu

$$V_0 = 179400^m = 24{,}17 \text{ geogr. Meilen pr. Sec.}$$

und für die Zeit, in welcher die emporgeschleuderten Gasmassen die Höhe $x - h$ zurücklegen, ergeben seine Formeln:

$$\tau_1 = 10 \text{ Minuten } 54 \text{ Secunden.}$$

Eine solche Schnelligkeit der Entwickelung hat Zöllner öfter beobachtet, u. A. auch bei der oben wiedergegebenen Protuberanz vom 29. Aug. 1869.

„Berücksichtigen wir dagegen den Auftrieb dieser Gasmassen, indem wir unsere Gleichungen (16a) benutzen, und nehmen wir ebenso wie Zöllner $V_0 = 179400^m$ und $V = 0$ an, so ergiebt sich:

$$1000\,k = \frac{1000 . V_0}{x - h} = 3{,}06 \text{ oder } K = -k^2 = -0{,}00000936,$$

$$T = \frac{\pi}{2k} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x-h}{V_0} = 8 \text{ Minuten } 34 \text{ Secunden;}$$

die erforderliche Zeit ist also nicht grösser, sondern um $2^1/_3$ Minuten kleiner als die von Zöllner berechnete (τ_1). Dabei ist wohl zu beachten, dass diese letzte Rechnung so gut wie die Zöllner'sche unter der ausdrücklichen Voraussetzung gilt, dass die aufsteigenden Gase in der Höhe $x = H$ zur Ruhe kommen.

In Zöllner's Rechnungen bedeutet h die Höhe, in welcher sich die sichtbare Grenze der Sonnenscheibe über der eigentlichen Ausströmungsöffnung befindet."

Hr. Reye bemerkt a. a. O.:

„Ich kann die Zöllner'sche Prämisse nicht zugeben, „„dass die durch Leitung in der Atmosphäre erzeugten Temperaturunterschiede nur mit einem labilen Gleichgewichte der übereinander lagernden Luftschichten verträglich sind;““

Ich ging bei dieser Behauptung von der einfachen und bisher unbestrittenen Thatsache aus, dass Luftmassen, welche in der Atmosphäre von unten her, durch Berührung mit einer festen oder flüssigen Oberfläche erhitzt werden, das Bestreben haben, emporzusteigen. Da man bisher allgemein als Ursache dieses Bestrebens die Verminderung des specifischen Gewichtes der erhitzten Luftmassen betrachtet hat, welche, so lange sie in Ruhe sind, doch nur durch Leitung oder Strahlung erwärmt werden können, so muss der Gleichgewichtszustand, welcher bei Abwesenheit jener Bewegungen stattfindet, nothwendig ein labiler sein.

Dass aber überhaupt in der Natur ein solcher labiler Gleichgewichtszustand vorkommen und daher die Atmosphäre bei Abwesenheit aufsteigender Bewegungen allein durch Leitung vom Boden aus erwärmt werden könne, habe ich weder behauptet noch jemals für wahrscheinlich gehalten.

Mir ist aber der obige Einwand gegen meine Prämisse um so unverständlicher, als Hr. Reye selber die Entstehung eines solchen labilen Gleichgewichtes der Atmosphäre nicht nur hypothetisch, unter idealen Annahmen, sondern in Wirklichkeit durch Erwärmung vom Boden aus, bei seiner Erklärung der Wirbelstürme voraussetzt, indem er wörtlich sagt:

„Ueber einer grösseren Fläche, etwa über einem weiten Flussthale, werde also die windstille oder auch ruhig dahin fliessende Luft vom Boden aus stark erwärmt, bis allmälig ein stark gespannter Zustand des labilen Gleichgewichtes eingetreten ist. An irgend einer Stelle bewirke eine geringe Störung, etwa der Flug eines Vogels oder der Rauch eines Kamines, ein Aufsteigen der Luft.“ (Wirbelst., S. 46.)

Das andere Bedenken des Hrn. Reye ist ein principielles. Er sucht demselben durch folgende Worte den entsprechenden Nachdruck zu verleihen:

„Gegen die umfangreiche Zöllner'sche Abhandlung „„über das Rotationsgesetz der Sonne etc.““ erhebe ich folgendes principielles Bedenken, welches in meinem Buche nicht am richtigen Platze gewesen wäre.

Hr. Zöllner leitet seine Formel

$$\xi = \frac{A - B \sin^2 \varphi}{\cos \varphi}$$

für die angulare Rotationsgeschwindigkeit aus drei theoretischen Annahmen ab, von denen die erste unbedingt verwerflich ist, alle Folgerungen welche er zu Gunsten seiner Schlackentheorie aus jener Ableitung zieht, muss ich desshalb als werthlos erachten" . . .

„Ich kann desshalb jene obige Formel als eine theoretisch begründete nicht betrachten, will ihr dagegen, weil sie die Carrington'schen Fleckenbeobachtungen sehr gut darstellt, den Werth einer empirischen nicht absprechen."

Zur Orientirung des Lesers erlaube ich mir zunächst Folgendes zu bemerken.

Bereits Scheiner hatte darauf aufmerksam gemacht, dass sich die Sonnenflecken in verschiedenen heliographischen Breiten öfter mit einer verschiedenen Geschwindigkeit bewegen und zwar so, dass die dem Aequator näher gelegenen Flecken eine schnellere Bewegung im Sinne der Rotation der Sonne als die entfernteren besitzen. Diese später auch von Cassini, Schröter, Laugier u. A. bestätigte Thatsache ist jedoch erst in unseren Tagen durch umfangreiche und sorgfältige Beobachtungsreihen von Carrington und Spörer zu einem allgemeinen Gesetze erhoben worden, nach welchem die Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Zonen der Sonnenoberfläche mit zunehmender Breite abnimmt.

Es ist klar, dass dieses eigenthümliche Rotationsgesetz der Sonnenoberfläche auf's Engste mit ihrer physischen Beschaffenheit zusammenhängen muss. Es wird demgemäss für jede Theorie der Sonnenflecken die Ableitung jenes Gesetzes aus einfachen Ursachen ein Prüfstein ihrer Wahrscheinlichkeit und Zulässigkeit sein. Von diesem Gesichtspunkte aus hatte ich versucht, in meiner Abhandlung „über das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten"[1]) jenes Gesetz als die nothwendige Folge der mechanischen Reaction von Polarströmen darzustellen, welche vermöge der allgemeinen Circulation der Sonnenatmosphäre die glühend-flüssige Oberfläche der Sonne nach Analogie unserer Passatwinde be-

[1]) Berichte der K. Sächs. Ges. d. W. Sitzung am 11. Febr. 1871.

streichen und hierdurch sogenannte Driftströmungen auf jener Oberfläche erzeugen, an deren Bewegungen die in der glühenden Flüssigkeit schwimmenden Schlacken Theil nehmen.

Bereits Sir J. Herschel und später in bestimmterer Weise Kirchhoff nehmen eine solche allgemeine Circulation der Sonnenatmosphäre an. Letzterer begründet die physikalische Nothwendigkeit dieser Circulation durch folgende Betrachtungen:

„Secchi hat aus seinen Beobachtungen geschlossen, dass die Polargegenden der Sonne eine niedrigere Temperatur besitzen, als die Aequatorialzone. Ist dieses der Fall, so muss an der Oberfläche des Sonnenkörpers die Atmosphäre von den Polen nach dem Aequator strömen, hier sich erheben und in der Höhe nach den Polen zurückfliessen; es muss die Atmosphäre der Sonne in einer ähnlichen Bewegung sein, wie sie unsere Atmosphäre in Folge der grösseren Wärme der Tropengegenden zeigt. Diese Bewegung wird dort noch regelmässiger sein, als hier, weil die Störungen dort fortfallen, die hier durch die Abwechselung der Tages- und Jahreszeiten hervorgebracht werden“[1]).

Unter Voraussetzung dieser Strömungen in der Sonnen-Atmosphäre und ihrer Reibung an der glühend-flüssigen Oberfläche des Kernes suchte ich das erwähnte Rotationsgesetz in folgender Weise abzuleiten.

Ich betrachtete zunächst eine feste Kugel, „über deren Oberfläche sich von den Polen herab eine tropfbar-flüssige Masse in sehr dünner Schicht mit constanter Geschwindigkeit nach dem Aequator bewegt.“

„Ein Massenelement der strömenden Flüssigkeit erhält nun bei Verminderung seiner Breite um die Grösse $d\varphi$ einen gewissen Impuls und in Folge dessen einen Zuwachs an Geschwindigkeit im Sinne der Rotation. Diesen Geschwindigkeitszuwachs bezeichne ich mit dv und mache über das Gesetz seiner Veränderung mit der Breite die drei folgenden Annahmen:

Ich setze dv proportional:

1. Der Geschwindigkeitsdifferenz zweier Puncte an der Oberfläche der festen Kugel, deren Breitendifferenz gleich $d\varphi$ ist.

2. Der Grösse der Reibungsfläche der Masseneinheit.

3. Dem Coëfficienten der äusseren Reibung zwischen der Kugeloberfläche und der Flüssigkeit.“

---

[1]) Abhandlungen der Königl. Akademie d. W. zu Berlin 1861. S. 89.

„Die beiden ersten Grössen sind Functionen von φ, die letzte soll zunächst als constant betrachtet und mit a bezeichnet werden.

„Bezeichnet ferner v_1 die lineare Rotationsgeschwindigkeit eines Punctes am Aequator der festen Kugel, so ist diese Geschwindigkeit für einen Punct in der Breite φ gleich $v_1 \cos \varphi$, folglich die Veränderung dieser Grösse bei Aenderung der Breite um $d\varphi$ gleich:

$$- v_1 \sin \varphi \, . \, d\varphi$$

„Bezeichnet man endlich noch mit A einen Proportionalitätsfactor, so ergiebt sich mit Berücksichtigung des oben für die Vergrösserung der Reibungsfläche gefundenen Gesetzes[1]) der folgende Ausdruck für den Geschwindigkeitszuwachs dv eines Flüssigkeitselementes durch Veränderung seiner Breite um $d\varphi$:

$$dv = - A a v_1 \sin \varphi \cos \varphi \, d\varphi.“$$

Ich gebe Hrn. Reye vollkommen Recht, wenn er die erste der obigen Prämissen, aus denen die vorstehende Differentialgleichung von mir abgeleitet wurde, als nicht übereinstimmend mit der bei Reibungsproblemen angenommenen Proportionalität der Kraft und der Geschwindigkeitsdifferenz der bewegten Körper bezeichnet. Ich erlaube mir aber zu bemerken, dass auch die anderen Annahmen, welche meiner Formel zu Grunde liegen, nicht als ein genauer Ausdruck der Wirklichkeit betrachtet werden dürfen, so z. B. vor Allem die Annahme einer constanten Geschwindigkeit der Polarströme in meridionaler Richtung, ganz abgesehen von der Vernachlässigung der sogenannten inneren Reibung. Nur unter Voraussetzung dieser Constanz ist aber die Vergrösserung der Reibungsfläche proportional dem Cosinus der Breite, und $\frac{dv}{d\varphi}$ proportional der durch Reibung entstandenen Kraft $\frac{dv}{dt}$ zu setzen. Gestattet man sich daher bei der Complication der wirklichen Verhältnisse und mit Berücksichtigung der sehr langsamen angularen Rotationsgeschwindigkeit der Sonne, willkürlich über jene Geschwindigkeits-Aenderung der Polarströmung zu disponiren, so ist klar, dass hierdurch der Ausdruck für $\frac{dv}{d\varphi}$ mit meiner Differentialgleichung bis zu jedem

[1]) Es ist a. a. O. S. 54 gezeigt worden, dass sich unter der Annahme einer constanten Geschwindigkeit der Polarströmung die Reibungsfläche eines Flüssigkeitselementes proportional dem Cosinus der Breite φ ändert.

beliebigen Grade der Genauigkeit in Uebereinstimmung gebracht werden kann[1]). Es wird dann ein Gegenstand weiterer Untersuchung sein, in wie weit jene über die Geschwindigkeitsänderung der Polarströme zu machende Hypothese mit anderweitig bekannten Eigenschaften der Sonnenoberfläche in genügendem Einklange steht. Denn ohne derartige Hypothesen wird man wohl niemals den Versuch wagen dürfen, kosmische Phänomene von so universeller Bedeutung und gleichzeitig so grosser Complication, wie das Rotationsgesetz der Sonne aus einfachen Ursachen analytisch abzuleiten. In wie weit diese Hypothesen als genäherter Ausdruck der Wirklichkeit betrachtet werden dürfen, wird sich schwerlich anders als durch die Uebereinstimmung der daraus abgeleiteten

---

[1]) Wird die Grösse der Reibung proportional der Geschwindigkeitsdifferenz ($r_1 \cos\varphi - r$) angenommen, so würde sich bei sonst unveränderten Annahmen eine Differentialgleichung von folgender Gestalt ergeben:

$$-\frac{dv}{d\varphi} = A_1\, a \cos\varphi\, (r_1 \cos\varphi - v)$$

Man setze

$$v = r_1 \cos(\varphi + \omega)$$

wo ω eine unbekannte Function von φ ist. Dann ist

$$\cos(\varphi + \omega) = \cos\varphi \cos\omega - \sin\varphi \sin\omega.$$

Bei sehr geringer angularer Rotationsgeschwindigkeit ist ω im Verhältniss zu φ nur sehr klein, so dass man annäherungsweise hat:

$$v = r_1 \cos(\varphi + \omega) = r_1 \cos\varphi - r_1\, \omega\, .\, \sin\varphi.$$

Dieser Werth für v in die obige Differentialgleichung gesetzt, giebt

$$-\frac{dv}{d\varphi} = A_1\, a\, r_1\, \omega\, .\, \cos\varphi \sin\varphi\, .$$

Wäre die unbekannte Function ω unter der gemachten Voraussetzung und für die Amplitude der heliographischen Breite, für welche das Rotationsgesetz der Sonne durch eine hinreichende Zahl von Fleckenbeobachtungen controlirt werden kann, nur wenig veränderlich, so würde sich diese Differentialgleichung ihrer Gestalt nach der meinigen nähern. Durch die bereits angedeutete Aenderung der Geschwindigkeit der Polarströme würden sich jedoch die Aenderungen von ω compensiren lassen. — Diese vorläufigen Andeutungen, denen ich übrigens kein besonderes Gewicht beizulegen bitte, sollten nur zeigen, wie etwa näherungsweise auch ein formaler Zusammenhang zwischen der aus meinen und der aus den gewöhnlichen Prämissen abgeleiteten Differentialgleichung hergestellt werden könnte.

Formeln mit den Beobachtungen controliren lassen[1]). Jedenfalls wird man es für sehr unwahrscheinlich halten müssen, dass aus einer „unbedingt verwerflichen" und „durch Nichts motivirten Annahme" eine Formel abgeleitet werden könne, die zu einer „sehr guten" Darstellung der Beobachtungen führt. —

Ich könnte hier meine Erwiderung auf die Bedenken des Hrn. Reye schliessen, wenn derselbe nicht am Schlusse seines Aufsatzes in sehr bestimmter Weise an mich die Aufforderung gerichtet hätte, ihm noch fernere Widersprüche nachzuweisen.

In meiner zweiten Abhandlung über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne hatte ich mir erlaubt, die neuerdings fast gleichzeitig von den HHrn. Faye und Reye aufgestellten Cyclonentheorien der Sonnenflecke mit folgenden Worten zu erwähnen:

„Auf die in neuester Zeit von Reye und Faye aufgestellte Cyclonentheorie der Sonnenflecke hier näher einzugehen glaube ich gegenwärtig verzichten zu können, nachdem bei der lebhaften Discussion dieser Anschauungen in der Pariser Akademie von P. Secchi und Tacchini die Widersprüche hervorgehoben sind, in welche diese Theorie mit einfachen Thatsachen der Beobachtung tritt. Ich erlaube mir an die Vertreter dieser Theorie, ohne hier die physikalischen Bedenken derselben zu discutiren, mit den Worten Tacchini's die Frage zu richten:

„ „*En présence d'observations si claires, si indépendantes d'hypothèses ou d'idées préconçues, est-il possible d'accepter la théorie qui fait des cyclones la cause unique des taches solaires?*" " *(Comptes rendus, T. LXXVI, p. 827.)*

Zu meinem Bedauern haben diese Bemerkungen durch den unvorsichtigen Gebrauch eines Singularis statt Pluralis

[1]) Diese Ansicht wird schon in der Einleitung zu des Copernicus Werk „*De Revolutionibus orbium coelestium p. 1.* vielleicht in allzu paradoxer Form folgendermassen ausgesprochen: „*Neque enim necesse est, eas hypotheses esse veras, imo ne verisimiles quidem, sed sufficit hoc unum, si calculum observationibus congruentem exhibeant.*"

in hohem Grade das Missfallen des Hrn. Reye erregt. Er erwidert darauf:

„Es ist mir völlig unbegreiflich, wie Hr. Zöllner von einer von „„ Reye und Faye aufgestellten Cyclonentheorie der Sonnenflecke"" reden kann."

„Mir ist in jener ganzen, umfangreichen Discussion keine einzige Bemerkung Secchi's oder Tacchini's aufgestossen, welche meinen Anschauungen widerspräche; ich muss deshalb Hrn. Zöllner ersuchen, diese angeblichen Widersprüche näher zu bezeichnen."

Der Leser wird nun begierig sein, zunächst den grossen Unterschied zwischen den Faye'schen und Reye'schen Cyclonen kennen zu lernen. Mögen die eigenen Worte des Hrn. Reye uns hierüber Aufschluss geben. Derselbe sagt a. a. O.:

„Hr. Faye nimmt an, dass in den Wirbelstürmen die oberen Luftschichten mit Gewalt herabstrudeln, während ich auf Grund zahlreicher Beobachtungen und zuverlässig festgestellter Thatsachen den Beweis führe, dass in den irdischen Cyclonen ein starker aufsteigender Luftstrom herrscht."

Es wirbelt also nach Hrn. Faye die Sonnenatmosphäre von oben nach unten, — nach Hrn. Reye von unten nach oben. Denn dass die Wirbelbewegung auch bei Letzterem eine durchaus wesentliche Erscheinung bildet, glaubte ich theils aus der identischen Bezeichnung („Cyclonen"), theils aus einer besonders bei Entwickelung der Formeln für „die Geschwindigkeiten im aufsteigenden Luftstrome" gemachten Bemerkung[1]) schliessen zu dürfen.

Es stimmen also, wie man sieht, die Cyclonentheorien der Sonnenflecke, welche von den Hrn. Faye und Reye aufgestellt worden sind, bezüglich der auf der Sonnenoberfläche allein durch Beobachtungen zu controlirenden Erscheinung, — nämlich der rotatorischen Bewegung der Atmosphäre und ihrer Condensationsproducte — vollkommen mit einander überein. Der Unterschied zwischen beiden Herren bezieht sich nur auf die Erklärung oder Theorie der wirbelnden Bewegungen, die sich directen Beobachtungen auf der Sonne entzieht. Hr. Faye glaubt als Ursache jener cyclonenartigen

[1]) „Eine Druckdifferenz kann nur durch die Centrifugalkraft hervorgerufen werden, wenn nämlich der aufsteigende Strom heftig um seine Axe wirbelt." Vergl. Wirbelst. S. 227.

Bewegungen die Geschwindigkeitsdifferenzen in den einzelnen Breitenzonen der Sonnenatmosphäre betrachten zu dürfen; Hr. Reye dagegen glaubt in der Annahme eines aufsteigenden Stromes „an besonders heissen Stellen der Sonnenoberfläche" die Erklärung der Sonnenflecke erzeugenden Cyclonen gefunden zu haben.

Da sich nun die Beobachtungen Secchi's und Tacchini's ausschliesslich nur auf die Wahrnehmbarkeit jener Wirbelbewegungen, nicht aber — wie selbstverständlich — auf die hier von den Herren Faye und Reye vorausgesetzten Ursachen derselben beziehen, so hielt ich mich, ohne ein Missverständniss zu befürchten, für berechtigt, von einer „von Faye und Reye aufgestellten Cyclonentheorie der Sonnenflecke" zu sprechen, und zwar um so mehr, als ich durch besondere Citate den Leser auf die Originalarbeiten verwiesen hatte.

Folgende Worte P. Secchi's mögen zum Beweise meiner obigen Behauptung genügen.

„Ces mouvements spiraux et ces taches tournantes sont d'ailleurs bien rares, plus rares qu'on ne croit, et l'on ne peut nullement appliquer la théorie des cyclones à la formation de toutes ces taches . . ."

„Je répondrai, comme observateur, je ne puis garantir que ce que je vois, et j'ajouterai que l'on constate souvent, à l'intérieur des taches, des langues, des ponts et des appendices brillants, qui ne donnent aucun signe de rotation — et qui devraient cependant en donner . . . . ." (Comptes rendus T. 76 p. 254 et 525).

Wenn übrigens Hr. Reye noch nach weiteren Widersprüchen seiner Theorie mit Thatsachen der Beobachtung fragt, so erlaube ich mir, ihm unter letzteren eine solche anzuführen, welche ohne alle kostbaren Instrumente und ohne „beständige Berücksichtigung des massenhaften Beobachtungs-Materiales" constatirt werden kann, und auch von ihm als eine über jeden Zweifel erhabene Thatsache anerkannt werden dürfte, — nämlich, dass die Sonnenflecke dunkle und nicht helle Flecke sind, wie sie nach physikalischen Gesetzen seiner Theorie gemäss sein müssten. Denn so lange man es als feststehend betrachtet, dass ein Körper bei Berührung oder Mischung mit einem heisseren Körper erwärmt, nicht aber abgekühlt werden kann, muss man auch Hrn. Reye's Ansicht wider-

sprechen, nach welcher „an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche“ durch heisse aufsteigende Ströme in den unteren Regionen der Sonnenatmosphäre die zur Erklärung der relativen Dunkelheit eines Fleckes erforderliche Abkühlung entstehen soll.

Bei Weitem rationeller ist in diesem Puncte die Cyclonentheorie Faye's. Denn hier werden in der That durch jene Wirbelbewegungen die höheren und kühleren Schichten der Sonnenatmosphäre genöthigt, in tiefere Regionen hinabzusteigen und hier eine entsprechende Abkühlung zu erzeugen, welcher der Fleck seiner elative Dunkelheit verdankt. Hr. Faye bemerkt wörtlich:

„Je venais de m'expliquer la pénombre des taches en considérant qu'un cyclone qui débouche par son pavillon à la base de la chromosphère devait entrainer en bas, par aspiration, les matériaux froids de cette couche extrême, je veux dire l'hydrogène mélangé à toutes sortes de vapeurs, absolument comme nos cyclones terrestres appellent en bas l'air froid et raréfié des couches supérieures.“

Ich schliesse meine Erwiderung auf die von Hrn. Prof. Reye ausgesprochenen Bedenken in der Hoffnung und mit dem Wunsche, dass die vorstehenden Erörterungen dazu beitragen mögen, die verschiedenen Ansichten über die physische Beschaffenheit der Sonne zu klären und eingehender zu begründen. Von diesem Gesichtspuncte aus war mir die Gelegenheit, welche mir Hr. Reye durch seinen Angriff zur Vertheidigung meiner Anschauungen gegeben hat, keine unwillkommene. Dagegen muss ich im Voraus jede Erwiderung auf persönliche oder unwesentliche Bemerkungen auch in Zukunft ablehnen. —

Ueber das spectroskopische Reversionsfernrohr.

Berichte der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Sitzung am 1. Juli 1872.

Vor einem Jahre hatte ich die Ehre, der Königlichen Gesellschaft die erfolgreiche Anwendung des früher von mir construirten Reversionsspectroskopes zur Beobachtung der Rotation der Sonne mitzutheilen. In dem Bestreben, das diesem Instrumente zu Grunde liegende und so ausserordentlich empfindliche Princip der Reversion der Spectra allgemein bei der Positionsbestimmung von Linien in die Spectralanalyse einzuführen, war ich bemüht, die Umstände, welche dem vor drei Jahren construirten Reversionsspectroskope[1]) nur eine beschränkte Anwendbarkeit gestatten, zu beseitigen. Es waren diese Umstände im Wesentlichen darin begründet, dass erstens die Anwendung von Prismen mit gerader Durchsicht unbedingt erforderlich war, und zweitens die relative Verschiebung der beiden Spectra nur mit Hülfe der Verschiebung der beiden Objectivhälften des angewandten Fernrohres bewirkt werden konnte. Beides waren Bedingungen, durch welche die Anwendbarkeit des Princips jederzeit nur auf einen bestimmten und eng begrenzten Raum des Spectrums beschränkt bleiben musste. Durch die im Allgemeinen unveränderliche und feste Verbindung des leuchtenden Objectes (des Spaltes) mit dem Beobachtungsfernrohr ist man jedoch bei allen spectroskopischen Untersuchungen in den Stand gesetzt, die Reversion des ganzen oder getheilten Spectrums einfach durch ein Reversionsprisma mit totaler Reflexion zu bewirken. Hierdurch ist gleichzeitig die relative Verschiebung

[1]) Diese Berichte, Sitzung vom 6. Februar 1869. (Vgl. S. 47 ff.)

Fig. 1.

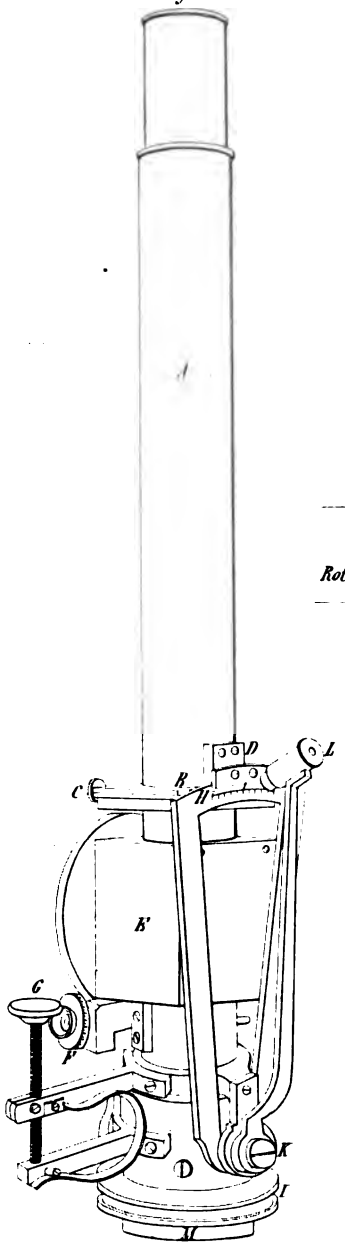
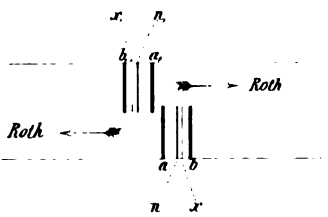


Fig. 2



der beiden Spectra an die Winkelveränderungen der Reflexionsebene zur optischen Axe des Collimators geknüpft und somit die Verschiebbarkeit der beiden Objectivhälften parallel der Schnittfläche nicht mehr erforderlich. Die Winkelveränderungen der total reflectirenden Prismenfläche können in doppelter Weise bewirkt werden, entweder durch eine mikrometrische Bewegung der Prisma's allein, oder durch eine Bewegung des ganzen, mit dem Prisma verbundenen, Beobachtungsfernrohres. Es dürfte im Allgemeinen zweckmässig sein, beide Bewegungen zu vereinigen, so dass die erstere mikrometrisch für Differentialbestimmungen, die zweite für Positionsbestimmungen aller Linien des Spectrums mit Hülfe von Index und Gradbogen ausführbar ist.

Das Reflexionsprisma kann im Wesentlichen an zwei verschiedenen Stellen des Beobachtungsfernrohres angebracht werden, nämlich entweder am Objectiv oder am Ocular.

Die Vortheile, welche sich den besonderen Zwecken entsprechend bei Anwendung der einen oder andern Construction darbieten, habe ich a. a. O. erörtert.

Ich erlaube mir gegenwärtig ein vollständig ausgeführtes Exemplar eines spectroskopischen Fernrohrs mit Reversions-Objectiv vorzulegen, und gleichzeitig Messungen mitzutheilen, welche mit Anwendung eines Reversions-Oculars an einem andern, von Herrn Merz nach meinen Angaben ausgeführten Spectroskope erhalten worden sind.

Das Fernrohr mit Reversions-Objectiv ist in beistehender Zeichnung (Fig. 1.) in $^1/_3$ seiner natürlichen Grösse abgebildet.

Das Fernrohr *A* enthält bei *B* die durch die Schraube *C* senkrecht zur Schnittfläche beweglichen Objectiv-Hälften. Durch diese Bewegung ist man im Stande, die beiden Spectra beliebig übereinandergreifen oder scharf, wie Nonius und Maassstab, nebeneinander erscheinen zu lassen; sie gestattet zu diesem Zwecke nur die beiden Objectivhälften mehr oder weniger von einander zu entfernen und nicht, wie früher, parallel den Schnittflächen nach Art der Heliometer mikrometrisch zu verschieben.

In dem Behälter *E* ist das Reflexions-Prisma angebracht, welches vor der einen Objectiv-Hälfte durch die Schraube *F*

beweglich ist. Die Schraube *G* gestattet das ganze Fernrohr um die Axe *K* zu bewegen, und bewirkt hierdurch, wie oben bemerkt, die relative Verschiebung der beiden Spectra. Die Grösse dieser Winkelbewegung kann an einem getheilten Gradbogen *H* mit Hülfe der Lupe *L* abgelesen werden.

Bei *I* treten die Strahlen aus dem Prismensysteme in das Fernrohr; mit Hülfe des Schraubengewindes *M* kann das beschriebene Instrument mit jedem Spectralapparate in Verbindung gesetzt werden; es lässt sich dasselbe behufs der Justirung der brechenden Kanten des zerstreuenden und reflectirenden Prisma's (*E*) vermittelst des ringförmigen Ansatzes *I* um seine Längsaxe drehen.

Das Merz'sche Spectroskop enthält zwei Prismensysteme mit gerader Durchsicht, welche einzeln oder combinirt angewandt werden können. Da bei der gewöhnlichen Einrichtung derartiger Spectroskope der Collimator jederzeit fest und unveränderlich mit dem Prismensatze verbunden ist, so ist man bei der starken Zerstreuung der angewandten Prismen nur auf einen verhältnissmässig geringen Theil des Spectrums beschränkt. Ich schlug daher Herrn Merz vor, diesem Uebelstande dadurch abzuhelfen, dass auch das Collimator-Fernrohr in ähnlicher Weise beweglich und seine Lage durch Index und Gradbogen controlirbar gemacht wird, wie dies beim Beobachtungsfernrohr geschieht. Es erwies sich diese Abänderung, welche ich schon früher bei den hier angefertigten Spectroskopen hatte anbringen lassen, vollkommen dem Zwecke entsprechend. Es dient alsdann selbstverständlich der Gradbogen am Collimator nicht zum Messen, sondern nur als Marke für die einem bestimmten Orte des Spectrums am besten entsprechende Stellung des Collimators.

Die Grösse der Zerstreuung und die Klarheit der Bilder bei dem für mich angefertigten und mir kürzlich aus München zugesandten Spectroskope ist so bedeutend, dass man zwischen den beiden Natronlinien im Sonnenspectrum ausser der Nickellinie noch deutlich eine feinere, brechbarere Linie erblickt, und zwar bei höchstem Stande der Sonne.

Die Verwandlung in ein Reversionsspectroskop wird bei diesem Instrumente einfach dadurch bewirkt, dass der Ocular-

deckel mit einem anderen vertauscht wird, welcher auf seiner inneren Seite ein kleines, die Ocularöffnung gerade zur Hälfte verdeckendes Reflexionsprisma enthält. Die reflectirende Fläche steht parallel der optischen Axe des Instrumentes und bewirkt hierdurch bei gleichzeitigem Parallelismus mit den brechenden Kanten der Zerstreuungsprismen eine partielle Umkehrung des Spectrums. Richtet man das mit einem solchen Reversionsoculare versehene Instrument auf eine mit Natron imprägnirte Kerzenflamme, so erblickt man zwei theilweise übereinandergreifende Spectra, die sich durch mikrometrische Bewegung des Beobachtungsfernrohres in entgegengesetztem Sinne verschieben und eine ausserordentlich genaue Beobachtung der Coïncidenz homologer Linien gestatten. Um auch bei Beobachtung der dunklen Linien im Sonnenspectrum das erwähnte theilweise Uebereinandergreifen der beiden Spectra zu bewirken, ist es erforderlich, ebenfalls divergente Strahlen auf den Spalt fallen zu lassen. Befindet sich daher das Spectroskop nicht in Verbindung mit einem Fernrohre, wo dann bei Coïncidenz der Spaltebene mit dem optischen Bilde der Sonne der erwähnten Bedingung von selbst genügt ist, so reicht eine kleine Linse von kurzer Brennweite aus, welche vor dem Spalte befestigt den Sonnenstrahlen die erforderliche Eigenschaft ertheilt.

Figur 2 auf vorstehender Tafel versinnlicht den Eindruck, welchen die beiden Natronlinien mit Anwendung des stärksten Oculars in dem beschriebenen Spectroskope machen; mit n ist die Nickellinie, mit x die oben erwähnte schwächere Linie bezeichnet.

Um eine Vorstellung von der grossen Genauigkeit zu geben, welche man mit Anwendung des Reversionsprisma's bei Positionsbestimmungen von Linien erzielt, erlaube ich mir beifolgend eine Anzahl von Messungen über den Abstand der Natronlinien (a b) und der beiden andern, dazwischen befindlichen, Linien zu geben. Die angegebenen Zahlen sind Theile des Schrauben-Umfanges, wobei zu bemerken ist, dass für diese Messungen das Gewinde noch nicht fein genug war, indem die Zehntel der angegebenen Werthe geschätzt werden mussten. Die bei den Messungen zur Coïncidenz gebrachten

Linien sind durch die über jeder Columne zusammengestellten Buchstaben bezeichnet.

1. Reihe.				2. Reihe.			
$\underbrace{aa_1}$	$\underbrace{bb_1}$	$\underbrace{bb_1-aa_1}$	$\underbrace{\frac{1}{2}(bb_1-aa_1)}$	$\underbrace{aa_1}$	$\underbrace{an_1}$	$\underbrace{ax_1}$	$\underbrace{ab_1}$
25.7	31.6	5.9	2.95	26.0	27.4	28.0	29.0
25.7	31.7	6.0	3.00	26.0	27.5	28.0	29.1
25.8	31.7	5.9	2.95	26.0	27.6	28.1	29.0
25.9	31.8	5.9	2.95	26.1	27.6	28.1	29.1
25.9	31.8	5.9	2.95	26.1	27.6	28.1	29.1
26.0	31.8	5.8	2.90	26.2	27.5	28.1	29.1
25.9	31.8	5.9	2.95	26.2	27.6	28.2	29.0
25.8	31.9	6.1	3.05	26.2	27.7	28.1	29.1
26.0	31.9	5.9	2.95	26.1	27.5	28.2	29.1
25.9	31.9	6.0	3.00	26.2	27.5	28.1	29.0
			Mittel: 2.965 ± 0.009	26.11	27.55	28.10	29.06

Wie man sieht, ist die Empfindlichkeit der Messungen eine ausserordentlich grosse und berechtigt bei der schnellen Vervollkommnung der spectroskopischen Instrumente wohl zu der Hoffnung, dass meine Bemühungen, die Rotation der Erde in ähnlicher Weise durch Verschiebung von Linien im Sonnenspetrum nachzuweisen, wie dies bereits in befriedigender Weise durch die Beobachtungen Vogel's bezüglich der Rotation des Sonnenkörpers geschehen ist[1]), in nicht allzu langer Zeit von Erfolg begleitet sein werden. Denn ein Punkt des Aequators bewegt sich beim Aufgange der Sonne mit einer Geschwindigkeit von ungefähr $^1/_{19}$ geogr. Meile auf dieselbe zu, beim Untergange um dieselbe Grösse von derselben fort, so dass vermöge der Rotation ein Punkt des Aequators innerhalb 24 Stunden in seiner relativen Bewegung zur Sonne eine Geschwindigkeitsänderung von ca. $^1/_{10}$ Meile erfährt. Diese Grösse würde aber bereits die Position der Natronlinien um $^1/_{400}$ ihres Abstandes verändern, und daher mit Hülfe des Reversionsprisma's auf $^1/_{200}$ des wahrgenommenen Abstandes steigen. Da nun der oben aus 10 Beobachtungen abgeleitete Mittelwerth bereits nur einen wahrscheinlichen Fehler von $^1/_{329}$ des besagten Abstandes zeigt, so mag man

[1]) Vergl. oben S. 83, (Sitzung am 1. Juli 1871) und: „Beobachtungen angestellt auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp von Dr. H. C. Vogel, Astronom der Sternwarte". Leipzig (Engelmann) 1872.

hieraus ersehen, wie nahe die erfolgreiche Lösung des gestellten Problems bereits gerückt. Eine wie grosse Wichtigkeit diese Bestimmungen für die Ermittelung der Lichtgeschwindigkeit und durch ihre Verbindung mit der Aberrationsconstante für die Ermittelung der Sonnenparallaxe gewinnen können, lässt sich *a priori* nicht bemessen und hängt ganz von der fortschreitenden Verbesserung der spectroskopischen Instrumente ab.

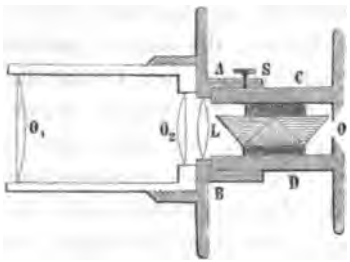
Bezüglich der allgemeinen und leichten Anwendbarkeit des Reversionsprincipes bei spectrometrischen Untersuchungen erlaube ich mir schliesslich die Mittheilung zu machen, dass es mir gelungen ist, durch Combination zweier Reflexionsprismen, die unmittelbar hinter dem Oculardeckel angebracht sind, ein Reversionsocular zu construiren, welches auch die oben geforderte Bedingung einer scharfen Uebereinanderlagerung der beiden Spectra in vollkommener Weise erfüllt. Die reflectirenden Hypotenusenflächen der Prismen sind einfach senkrecht zu einander gestellt und zwar die eine parallel der Breite, die andere parallel der Länge des Spectrums. Die eine Hälfte der Ocularöffnung wird durch Licht aus dem ersten, die andere durch Licht aus dem zweiten Prisma gespeist, so dass das erste Prisma die Reversion, das andere bei entsprechender Neigung der Reflexionsebene die Juxtaposition des (bezüglich der Farbenordnung) unveränderten Spectrums bewerkstelligt. Die Wirkung dieses Oculars ist eine überraschende; wird dasselbe z. B. mit einem kleinen Browning'schen Miniaturspectroskope in Verbindung gesetzt, so ist dasselbe sofort in einen Messapparat verwandelt, welcher durch mikrometrische Bewegung des Reversionsprisma's die Positionsbestimmung der Spectrallinien durch Coïncidenzen mit aller bei einem so compendiösen Instrumente nur wünschenswerthen Empfindlichkeit gestattet.

Sobald eine genügende Anzahl von Messungen vorliegt, die nach dieser Methode an Sternspectren ausgeführt sind, werde ich mir erlauben, der Königlichen Gesellschaft die Ergebnisse meiner Beobachtungen mitzutheilen.

Ueber ein einfaches Ocularspectroskop für Sterne.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math.-phys. Classe am 23. April 1874.)

Die beistehende Figur zeigt in natürlicher Grösse den Durchschnitt einer compendiösen Form eines Stern-Spectroskopes in Verbindung mit dem Oculare eines beliebigen Fernrohres.



Das Spectroskop besteht aus einem kleinen Prisma mit gerader Durchsicht, welches in einer Hülse *CD* befestigt ist und dessen Zerstreuung ungefähr äquivalent dem Prismensysteme eines Browning'schen Miniaturspectroskopes ist. Die Hülse *CD* ist in einer zweiten Hülse *AB* beweglich, welche auf den Ocularkopf geschraubt werden kann und eine Cylinderlinse *L* von ungefähr 100 Millimeter Brennweite enthält. Da die Länge der durch diese Linse erzeugten Lichtlinie ausser von ihrer Brennweite auch von den Dimensionen und Verhältnissen der optischen Theile des Fernrohres abhängt, so ist es zweckmässig, mehrere Cylinderlinsen von verschiedener Brennweite vorräthig zu haben, um sie je nach der gewünschten Länge der Lichtlinie und somit der Breite des Spectrums in Anwendung bringen zu können.

O_1 und O_2 sind die beiden Linsen des Oculars und gehören daher nicht mehr zum Spectroskop.

Soll mit diesem Instrumente das Spectrum eines Sternes beobachtet werden, so wird zunächst die Hülse *CD* mit dem Prisma entfernt und das Ocular so eingestellt, dass dem in *O* befindlichen Auge eine scharfe Lichtlinie erscheint. Es ist bei dieser Einstellung wesentlich, dass sich das Auge ungefähr in derselben Entfernung von der Linse *L* befinde, wie bei Anwendung des Prismas. Hierauf wird die Hülse *CD* so eingesetzt, dass die brechende Kante des Prismas, wie gewöhnlich, parallel der Lichtlinie liegt und somit das Spectrum seine grösste Breite erhält. Selbstverständlich braucht für ein gegebenes Fernrohr die erwähnte passende Einstellung nur einmal ermittelt zu werden, so dass alsdann durch eine kleine Schraube *S* das Prisma in unveränderlicher Lage zur Cylinderlinse *L* befestigt werden kann. Das Prisma ist von Herrn Merz in München angefertigt und wird von ihm in dieser compendiösen Form vorzugsweise für Mikroskope benutzt.

Die Lichtstärke dieses Ocularspectroskopes ist so bedeutend, dass dasselbe bereits in Verbindung mit einem kleinen Reisefernrohr von nur 35 Millimeter Objectivöffnung und ungefähr 400 Millimeter Brennweite die Linien von Sternen erster Grösse, wie Wega, Arctur, α Orionis und selbst α Herculis bei entsprechender Beschaffenheit der Luft deutlich zeigt, wie sich u. A. im Laufe des vergangenen Jahres 1873 bei Gelegenheit ihres Besuches in Leipzig die Herren Prof. Winnecke und Dr. Vogel überzeugt haben. Besonders schön ist das Spectrum der Venus, wenn sie als schmale Sichel erscheint.

Obschon sich nach den bekannten, von Browning, Vogel u. A. angewandten Methoden sehr leicht eine Scala mit diesem Instrumente verbinden lässt, so dürfte sich dasselbe auch ohne eine solche besonders zu systematischen Massenbeobachtungen von Fixsternspectren empfehlen, bei denen es sich vorzugsweise um Ermittelung der typischen Beschaffenheit der Spectra handelt. Da die wesentlichen Unterschiede dieser Typen wahrscheinlich nur von der Temperatur und Masse jener glühenden Himmelskörper abhängen,

und nach den bisherigen Untersuchungen Secchi's u. A. jene Typen in einer gewissen Beziehung zur räumlichen Vertheilung der Sterne am Himmel stehen, so dürften derartig systematisch unternommene Massenbeobachtungen in Zukunft von hoher Bedeutung für die Fortschritte der Astrophysik werden.

Ich erlaube mir schliesslich die Bemerkung, dass die beschriebene Combination bereits auf der letzten Versammlung der astronomischen Gesellschaft im September 1873 zu Hamburg von mir erläutert und vorgezeigt worden ist.

Nachtrag.

Mein oben erwähnter Freund und ehemaliger Schüler Dr. H. C. Vogel, gegenwärtig Professor und Observator an dem Königlichen Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam, übersendet mir soeben einen „Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Instrumentenkunde" mit sehr verdienstvollen Mittheilungen über Spectralapparate.

In der zweiten dieser Mittheilungen vom Februar 1881 bemerkt Hr. Professor Vogel unter der Ueberschrift: „Ein Spectroskop zur Beobachtung lichtschwacher Nebelflecke und Kometen", wörtlich Folgendes:

„Vor mehreren Jahren (Berichte d. Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch. 12. Dec. 1873) habe ich eine ausführliche Beschreibung eines kleinen Spectroskopes zur Beobachtung lichtschwacher Sterne gegeben, welches sich auch, durch eine kleine Veränderung des Apparates, zur Untersuchung der Spectren von Nebelflecken und Kometen eignete. Später ist von Zöllner (Berichte d. Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch. 23. April 1874) die Construction eines Ocular-Spectroskopes angegeben worden, welches in Bezug auf spectroskopische Untersuchung von Sternen in vieler Beziehung vortheilhafter ist. Grosse Lichtstärke, eine sehr compendiöse Form und die Leichtigkeit der Verbindung mit dem Ocular eines jeden Fernrohres zeichnen das kleine Instrument aus. Zu einer systematischen spectroskopischen Durchmusterung des Himmels, welche auf dem hiesigen Astrophysikalischen Observatorium vorgenommen wird, wende ich ausschliesslich Zöllner'sche Ocular-Spectroskope von verschiedener zerstreuender Kraft an."

Leipzig im Februar 1881.

Ueber eine neue Methode zur Messung anziehender und abstossender Kräfte.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math.-phys. Classe am 27. November 1869.)

Die bisher angewandten Methoden zur Messung anziehender und abstossender Kräfte zerfallen im Wesentlichen in zwei Klassen; bei der ersten wirken die Kräfte auf Massen, welche, wie beim Pendel, den verschiedenen Electrometern und ähnlichen Apparaten eine horizontale Rotationsaxe, bei der zweiten auf Massen, welche, wie bei den verschiedenen Formen der Drehwage, eine verticale Rotationsaxe besitzen. Die Apparate der ersten Klasse sind einarmige, die der zweiten zweiarmige Hebel, weshalb die letzteren nur für nicht parallele Kräfte anwendbar sind. Die Apparate der ersten Klasse, welchen diese Beschränkung nicht anhaftet, sind jedoch durch das gegebene Directionsmoment der Schwere nur auf Kräfte anwendbar, deren Intensität im Allgemeinen von derselben Ordnung wie die der Schwere ist. Dagegen sind die Apparate der zweiten Klasse durch das beliebig zu vermindernde Directionsmoment auf sehr schwache jedoch nicht parallele Kräfte anwendbar.

Gäbe es eine Methode, welche die Vortheile beider Klassen vereinigte, so könnte dieselbe auch in der Astronomie eine grosse Bedeutung erlangen, indem wir durch sie in den Stand gesetzt wären, auch solche schwachen Kräfte in den Bereich unserer messenden Beobachtungen zu ziehen, welche beispielsweise durch die Verschiedenheit der Entfernungen der einzelnen Puncte der Oberfläche und des Schwerpunctes der Erde von Sonne und Mond oder durch die Unterschiede der Centri-

fugalkraft der Erde in verschieden weit von ihrer Oberfläche entfernten Puncten hervorgerufen werden.

Von dem Bestreben geleitet, diese Kräfte auf dem angedeuteten Wege zu messen und hierdurch sowohl die Massen und Entfernungen von Sonne und Mond als auch die Centrifugalkraft an einem gegebenen Puncte der Erde zu bestimmen, habe ich einen Apparat construirt, welcher, wie ich glaube, den oben gestellten Forderungen genügt, und den ich die Ehre habe, der Königlichen Gesellschaft hier vorzuzeigen.

Das Ende einer 210 Mm. langen, dünnen Glasstange ist mit dem einen Ende eines feinen Stahldrahts von 170 Mm. Länge verbunden, dessen anderes Ende an einem 20 Mm. langen Vorsprunge am Fusse eines verticalen Messingstativs befestigt ist. Das eine Ende eines zweiten Stahldrahts von gleicher Länge ist im Abstande von 10 Mm. vom Angriffspuncte des ersten an der Glasstange befestigt und hat seinen Aufhängepunct an einem am oberen Ende des Stativs befindlichen Vorsprunge, nahezu in der im unteren Befestigungspuncte errichteten Normalen.

Durch die Stellschrauben des Stativs ist man im Stande, das Directionsmoment des „Horizontalpendels“ beliebig klein zu machen. Es reducirt sich auf Null, wenn die beiden Aufhängepuncte in derselben Normalen liegen, vorausgesetzt, dass man von dem durch die Drähte ausgeübten Torsionsmomente absieht. Mit Berücksichtigung des letztern müssen die beiden Puncte in einer gegen die Normale etwas geneigten Linie liegen.

Das beschriebene Horizontalpendel wurde im 12 Fuss tiefen Keller des Universitätsgebäudes aufgestellt, in welchem die Temperatur eine sehr constante ist. Ein am Ende des Pendels befestigter Spiegel gestattete die Veränderungen der Richtung nach der Methode der Spiegelablesung an einer 2500 Mm. vom Spiegel entfernten Scala abzulesen. Es ist ersichtlich, dass dieser Apparat ausserordentlich geringe Variationen der Normalen, beziehungsweise des Horizontes anzuzeigen im Stande ist. Wurde durch passende Einstellung der Stellschranben die Schwingungsdauer auf 52 Secunden gebracht, so entsprach einer Ablenkung von 10 Millimeter-Theil-

strichen der Scala eine Neigung des Horizontes von 0.035 Bogensecunden, und da Zehntel der Theilung noch mit Sicherheit geschätzt werden konnten, so war man im Stande, noch 0.00035 einer Bogensecunde wahrzunehmen. Von der Empfindlichkeit des Apparates wird man sich übrigens einen Begriff machen können, wenn ich bemerke, dass die Druckdifferenz, welche in den soliden Fundamenten des Gebäudes durch die Füllung eines im zweiten Stock befindlichen Auditoriums hervorgerufen wurde, eine Veränderung der Einstellung von 20 Scalentheilen bewirkte, eine Veränderung, die bei der Entleerung des Auditoriums sofort wieder ganz constant im entgegengesetzten Sinne eintrat.

Man sieht daher, dass das Instrument gleichzeitig ein ausserordentlich empfindliches Seïsmometer darbietet.

Selbstverständlich sind die Apparate durch zweckmässige Umhüllungen vor Luftströmungen und den Effecten strahlender Wärme geschützt.

Ausführlicheres sowohl über die Construction des Apparates zur Bestimmung der Centrifugalkraft der Erde als auch über die Anwendbarkeit der beschriebenen Methode zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Erde sowie zur Messung electrischer und magnetischer Kräfte werde ich mir erlauben, der Königlichen Gesellschaft mitzutheilen, sobald ich eine genügende Anzahl numerischer Bestimmungen vorzulegen im Stande bin.

Während des Druckes vorstehender Zeilen werde ich von befreundeter Seite auf folgende Notiz des Herrn Perrot in den *Comptes rendus T. 54, p. 728 (Séance du lundi 31 Mars 1862)* aufmerksam gemacht, welche ich mir hier wörtlich wiederzugeben erlaube:

> *„Pour nous représenter l'appareil, imaginons deux points d'attache exactement placés dans la même verticale et distants entre eux de 2 mètres. Qu'on fixe au point d'attache supérieur un fil très-fin de 1 mètre de longeur, servant de suspension a un levier à bras inégaux. Amenons le levier à la situation horizontale à l'aide d'un autre fil*

attaché à l'extrémité de son bras le moins long et au point d'attache inférieur.

Dans cette situation, il est clair que, sauf la résistance à la torsion, résistance que l'on peut atténuer autant qu'on le désire, le levier pourra se mouvoir circulairement dans le plan horizontal, ou s'arrêter indifféremment en un point quelconque de la circonférence, puisqu'en tous cas le centre de gravité de ce levier ne montre ni descend.

Mais si la direction de la pesanteur vient à changer, il n'y aura plus que deux points de la circonférence où il y ait équilibre, l'un stable, l'autre instable. Ces deux points se trouvent dans l'intersection du plan de rotation avec le plan passant par les deux points d'attache et la nouvelle direction de la pesanteur.

Il résulte de là qu'une déviation très-faible dans la direction de la pesanteur se traduira par un déplacement circulaire du levier, qui peut s'élever à près de 180°.

J'ai fait établir grossièrement un appareil d'après ces principes, et, bien que les fils n'aient que 20 centimètres de longeur, il m'a paru plus sensible qu'un excellent niveau à bulle d'air qui n'accuse qu'une déviation de 1", par un déplacement de 3 millimètres.“

(Renvoi à l'examen d'une Commission composée de M. M. Babinet, Delaunay.)

Ausser dieser Notiz ist mir über die beschriebene Aufhängung des Horizontalpendels bis jetzt nichts bekannt geworden

Ueber die Construction und Anwendung des Horizontalpendels.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Oeffentliche Sitzung der math.-phys. Classe am 1. Juli 1871.)

(Abdruck des § 24 aus der Abhandlung: „Ueber den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper" in den Berichten der Kgl. S. Ges. d. W. vom 20. October 1871.)

Vor zwei Jahren hatte ich der Königlichen Gesellschaft ein Instrument vorgezeigt[1]) und erläutert, dessen Principien, wie ich nachträglich erfuhr, bereits sieben Jahre früher von Hrn. Perrot der französischen Akademie zu gleichen Zwecken vorgeschlagen worden war.[2])

Ueber eine wirkliche Anwendung und genaue Ausführung des Principes ist mir bisher nichts bekannt geworden. Ich werde mir daher erlauben, in Folgendem das Instrument zu beschreiben, welches sich auf Grund zahlreicher Versuche und mit demselben ausgeführter Messungen bis jetzt als das zweckmässigste bei meinen Beobachtungen bewährt hat. Um jedoch zunächst den Zweck des Apparates und seine Beziehung zu den vorliegenden Fragen zur Anschauung zu bringen, erlaube ich mir hier einige Sätze aus meiner unten citirten Abhandlung zu reproduciren.

(An dieser Stelle folgt in der Originalabhandlung der Abdruck der wesentlichen Stellen aus der vorstehend reproducirten Abhandlung: „Ueber eine neue Methode zur Messung anziehender und abstossender Kräfte".)

Nach vielfachen Versuchen und Bemühungen[3]) habe ich den auf beistehender Tafel in nicht ganz $^1/_6$ seiner natürlichen

---

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzung am 27. Nov. 1869. „Ueber eine neue Methode zur Messung anziehender und abstossender Kräfte."

[2]) *Comptes rendus. T. LIV. p. 728.*

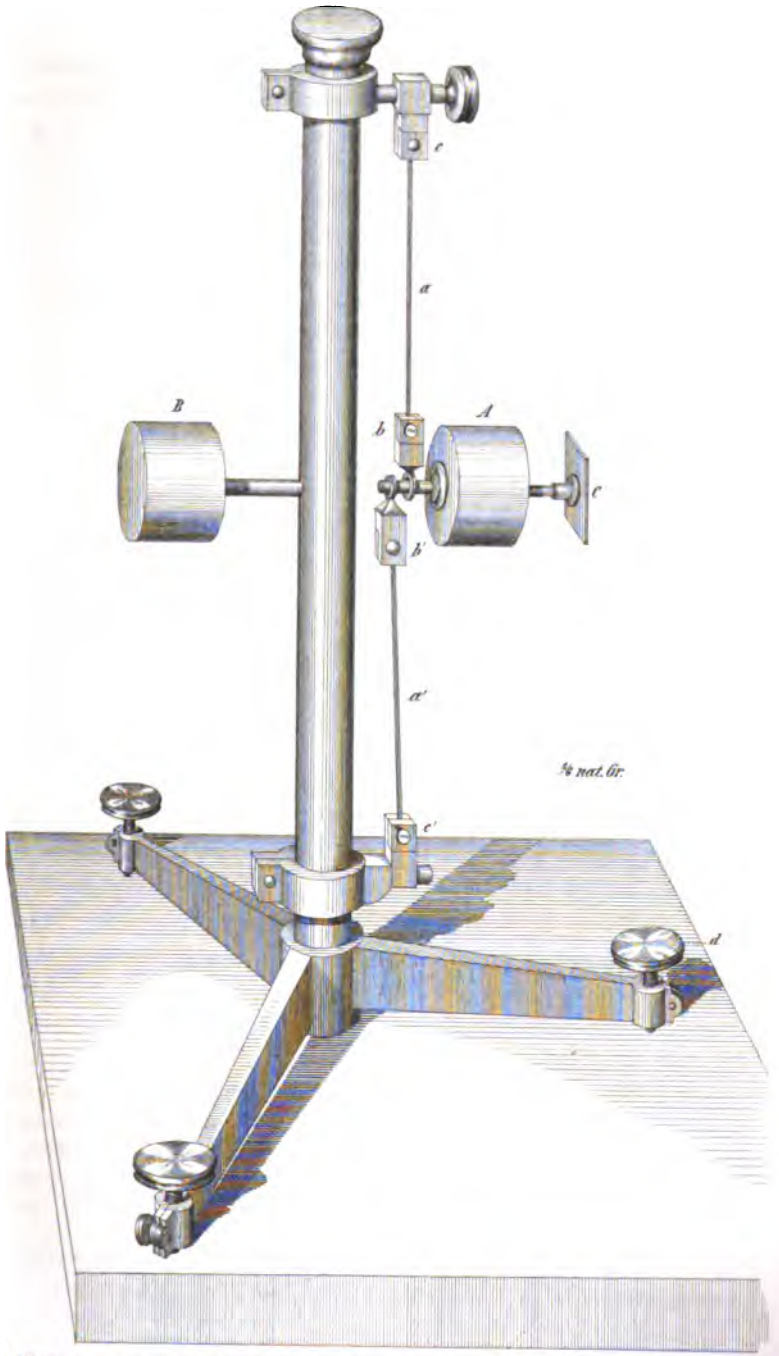
[3]) Ich entdeckte in dem oben erwähnten Keller noch einen etwa 15 Fuss tiefer gelegenen Raum, welcher direct auf das Erdreich der Fun-

Grösse abgebildeten Apparat construirt. An Stelle der feinen Drähte, bei denen die bekannten Aenderungen der Gleichgewichtslage störend einwirkten, waren feine Uhrfedern *a*, *a'* angewandt, welche durch das 6 Pfund schwere Bleigewicht *A* mit dem vorne befindlichen Spiegel *C* in Spannung gehalten wurden. Die Ausführung des Apparates in möglichst grossen Dimensionen und schweren Massen zog ich deshalb vor, weil hierdurch sowohl plötzlich eintretenden Wärmeveränderungen als auch namentlich den dadurch erzeugten Bewegungen der umgebenden Luftmassen ein geringerer Einfluss auf die Bewegungen des Pendels gestattet wurde. Das Stativ ist von Eisen und die Füsse des Dreifusses sind möglichst lang, um durch feine Bewegung der Schrauben möglichst kleine Aenderungen in der Lage der Aufhängepunkte zur Richtung der Schwerkraft nach Belieben herstellen zu können.

Die Schraube *d*, welche möglichst in der durch beide Aufhängepunkte *c* und *c'* gelegten Verticalebene stehen muss, gestattet ganz nach Bedürfniss die Empfindlichkeit des Instrumentes zu verändern, indem durch die relative Lage der Punkte *c* und *c'* die Schwingungsdauer des Horizontalpendels bedingt ist. Eine Schwingungsdauer von 30 Secunden (halbe Periode) konnte mit Leichtigkeit hergestellt werden. *B* ist ein mit *A* correspondirendes Gegengewicht. Bevor die pendelnde Masse *A* nebst Zubehör in die Ringe gelegt wurde, welche in kleine, auf der cylinderischen Axe angebrachte Einschnitte

---

damente des Universitätsgebäudes führte. Derselbe war zu eng, um das Fernrohr mit Scala hinunter zu bringen, so dass ich mich darauf beschränken musste, nur das Instrument dort aufzustellen und vermittelst eines Reflexionsspiegels das Bild der Scala in das nun senkrecht nach unten gerichtete Fernrohr zu reflectiren. Nachdem das ganze Instrument noch durch einen Blechmantel umhüllt war, welcher nur eine mit planparalleler Glasplatte verschlossene Oeffnung dem Spiegel gegenüber hatte, wurde auch die Oeffnung, welche zu diesem unterirdischen Raume führte, bis auf die zur Ablesung erforderliche Durchsicht geschlossen. Vor störenden Temperaturänderungen war auf diese Weise das Instrument jedenfalls vortrefflich gesichert. Dagegen konnte ich auch die oben erwähnte elastische Zusammenpressung des Gebäudes, oder besser die Niveauveränderung der Fundamentalebene des Gebäudes, durch Füllung des erwähnten Auditoriums beobachten. Nur war die Grösse der Ablenkung auf etwa $^2/_3$ ihres ursprünglichen Werthes herabgesunken.



Zöllner, Wissenschaftliche Abhandlungen (zu Seite 318.)

Lith. Anst. v. F. A. Brockhaus, Leipzig.

eingreifen, wurde dieselbe unter dem directen Einfluss der Schwere vermittelst einer im Drehungspuncte provisorisch angebrachten Schneide in Schwingungen versetzt. Die Schwingungsdauer betrug sehr nahe 0.250 Secunden. Man erhält hieraus mit Hülfe einer bekannten Relation das Verhältniss der Directionsmomente, welche von der Schwere bei horizontaler und verticaler Lage auf die pendelnde Masse ausgeübt werden.

Die Theorie des Instrumentes ist für sehr kleine Elongationen, die eigentlich hier nur in Betracht kommen, sehr einfach, so dass ich mich hier nur darauf beschränken will, von den zahlreichen Beobachtungsreihen, welche im Laufe der Jahre 1870 und 1871 angestellt wurden, einige Werthe mitzutheilen, um die Anwendbarkeit und Empfindlichkeit der Methode beurtheilen zu lassen.

Um noch einige Bemerkungen über die Aufstellung des Instrumentes voran zu schicken, sei bemerkt, dass dasselbe, wegen der im Mittelpuncte der Stadt allzu häufigen Störungen, nach einer kleinen, für astrophysikalische Untersuchungen im Garten der Sternwarte erbauten Kuppel transportirt wurde. Dicht neben derselben lies ich einen massiven Sandsteinpfeiler aufführen, welcher seiner ganzen Ausdehnung nach mit einem isolirten Gehäuse bekleidet wurde. Dasselbe war nach Art eines Eisschrankes mit dicken, durch schlechte Wärmeleiter gefüllten, Wänden versehen, welche innen eine zusammenhängende Bekleidung von Zinkblech erhalten hatten. Dieses Gehäuse war wiederum durch ein etwa einen halben Fuss weit abstehendes, hölzernes Gebäude umhüllt, welches die Luft frei circuliren liess, aber jede directe Einwirkung der strahlenden Sonnenwärme von dem ersten Gehäuse abhielt. An der einen Seite der Gehäuse waren Thüren angebracht, welche jederzeit einen leichten Zugang zu dem Instrumente gestatteten. Die Beobachtungen fanden von dem inneren Raume des kleinen Observatoriums aus statt, welches zu diesem Zwecke in der einen Mauer eine Durchbrechung erhalten hatte, durch welche der noch in einem besonderen Gehäuse mit planparalleler Glasplatte verschlossene Spiegel des Pendels beobachtet werden konnte.

Ich werde mir nun erlauben, eine längere, mehrere Stunden hindurch fortgesetzte Beobachtungsreihe mitzutheilen, welche ich am 18. September 1870 in den Abendstunden von $6^h\ 35^m$ bis $10^h\ 35^m$ angestellt habe.

Beobachtungen am Horizontalpendel.

Abstand der Scala vom Spiegel = 3186 Millimeter

Dauer einer Schwingung . . . = 14.444 Secunden.

Mit Berücksichtigung der oben angegebenen Schwingungsdauer von 0.25 Sec. unter dem directen Einfluss der Schwere bei verticaler Aufhängung, ergiebt sich, dass 1 Millimeter-Scalentheil am Horizontalpendel einer Ablenkung von 0.009706 Bogensecunden eines gewöhnlichen Pendels entspricht. Die zusammengehörigen Zahlen bezeichnen die abgelesenen Elongations-Werthe.

Leipzig 1870, September 18.

No.	Zeit	Ablesung	No.	Zeit	Ablesung	No.	Zeit	Ablesung
1.	$6^h\ 35^m$	80.0 / 76.8 } 78.4	15.		78.9 / 80.9 } 79.9	29.	$7^h\ 52^m$	79.8 / 82.4 } 81.1
2.		79.7 / 77.0 } 78.3	16.	$7^h\ 33^m$	79.0 / 81.6 } 80.3	30.		80.0 / 82.2 } 81.1
3.		80.0 / 77.2 } 78.6	17.		79.4 / 82.0 } 80.7	31.		80.0 / 82.4 } 81.2
4.		80.4 / 78.0 } 79.2	18.		80.0 / 82.2 } 81.1	32.	$8^h\ 0^m$	80.7 / 82.2 } 81.9
5.		80.1 / 77.9 } 79.0	19.		80.3 / 82.3 } 81.3	33.		80.9 / 82.0 } 81.9
6.		79.6 / 77.8 } 78.7	20.		80.0 / 82.0 } 81.0	34.	$8^h\ 2^m$	80.8 / 82.0 } 81.9
7.		79.5 / 78.3 } 78.9	21.	$7^h\ 35^m$	80.5 / 82.0 } 81.2	35.		80.8 / 82.0 } 81.9
8.		78.1 / 80.1 } 79.1	22.		80.0 / 81.6 } 80.8	36.		80.5 / 81.6 } 81.0
9.		78.2 / 80.3 } 79.2	23.		80.3 / 81.7 } 81.0	37.		80.4 / 81.8 } 81.1
10.		78.8 / 80.5 } 79.6	24.	$7^h\ 38^m$	80.0 / 81.6 } 80.8	38.	$8^h\ 4^m$	80.9 / 82.0 } 81.9
11.		78.7 / 80.6 } 79.7	25.	$7^h\ 50^m$	79.3 / 82.3 } 80.8	39.	$10^h\ 0^m$	81.5 / 85.0 } 83.2
12.	$6^h\ 53^m$	79.0 / 80.5 } 79.7	26.		79.4 / 82.7 } 81.0	40.		81.0 / 85.0 } 83.0
13.		78.8 / 80.4 } 79.6	27.		79.3 / 82.8 } 81.0	41.	$10^h\ 35^m$	83.9 / 86.4 } 85.1
14.		78.9 / 80.3 } 79.6	28.		79.6 / 82.4 } 81.0	42.		83.9 / 86.3 } 85.1

Diese Zahlen werden genügen, um die grosse Empfindlichkeit des Instrumentes und die Sicherheit zu beweisen, mit welcher man selbst bei der angewandten kurzen Schwingungsdauer von 14.44 Secunden Ablenkungen von der Lothlinie zu beobachten im Stande ist, welche nur 0.001 Bogensecunde betragen. Dies würde der Werth sein, welcher nach der obigen Relation zwischen einem Scalentheil des Horizontalpendels und eines Verticalpendels etwa für 0.1 Scalentheil des ersteren folgte.

Man kann mit Leichtigkeit die Empfindlichkeit des Instrumentes durch Erhöhung des mit der Stellschraube *d* versehenen Fusses noch vier bis fünf Mal grösser machen. Allein hierzu war trotz aller Vorsichtsmassregeln die Stabilität des Pfeilers und seiner Umgebung nicht gross genug. In der That, ein in einer Entfernung von etwa 1.5 Kilometer vorüberfahrender Eisenbahnzug erzeugte schon wellenartige Bewegungen des Erdbodens, welche periodische Veränderungen der Gleichgewichtslage des Horizontalpendels hervorriefen.

Derartige Beobachtungen werden daher am vortheilhaftesten in tiefen und ruhig gelegenen Erdschächten angestellt werden, wo dann bei Abwesenheit von Temperaturschwankungen und localen Erschütterungen alle jene Einflüsse quantitativ bestimmt werden können, welche direct durch vulkanische Bewegungen des Erdbodens, oder indirect durch magnetische Induction bei Veränderung der Stromgeschwindigkeit der inneren glühend-flüssigen Masse des Erdkörpers hervorgerufen werden.

Ausserdem aber üben der Mond und die Sonne, abgesehen von der Erzeugung einer inneren Fluth- und Druckwelle, auch einen directen Einfluss auf die Stellung des Instrumentes aus, indem sie nach Maassgabe ihrer Position mit verschiedener Intensität den Schwerpunct der Erde und den um den Erdradius hiervon entfernten Schwerpunct des Pendels anziehen. Die Grösse der hierdurch erzeugten Ablenkungen des Lothes sind von C. A. F. Peters zum Gegenstande einer interessanten Untersuchung gemacht worden [1]).

[1]) „Von den kleinen Ablenkungen der Lothlinie und des Niveau's, welche durch die Anziehungen der Sonne, des Mondes und einiger terre-

Die mittlere Ablenkung, welche der Mond in günstiger Lage hervorbringen kann, beträgt nach den Ableitungen von Peters 0″.0174, diejenige, welche die Sonne unter gleichen Verhältnissen erzeugt, beträgt 0″.0080.

Wird aber das Horizontalpendel, wie das von mir benutzte, so aufgestellt, dass die Gleichgewichtslage in der Ebene des Meridians liegt, so ist klar, dass die obigen Maximalablenkungen, je nachdem das Gestirn auf der Ost- oder Westseite des Meridians sich befindet, entgegengesetztes Vorzeichen haben müssen, so dass also die zu beobachtende Winkeldifferenz bei beiden Werthen die doppelte wird, d. h. also

die vom Monde erzeugte Wirkung = 0″.0348

die von der Sonne erzeugte Wirkung = 0″.0160

Mit Rücksicht auf die bei den oben angeführten Beobachtungen erzielte Genauigkeit würde also der bei einmaliger Ablesung begangene Fehler $^1/_{35}$ von der zu messenden Wirkung des Mondes und $^1/_{16}$ von der der Sonne betragen. Aber, wie schon bemerkt, sind die äusseren Bedingungen, unter denen die mitgetheilten Beobachtungen erhalten wurden, für den vorliegenden Zweck durchaus als sehr ungünstige zu bezeichnen, so dass sich in Erdschächten und unter der Voraussetzung, dass die Reactionen des glühend-flüssigen Erdinnern gegen die feste Incrustationsrinde nicht Grössen von derselben Ordnung erzeugen, die Empfindlichkeit des Instrumentes noch bedeutend steigern lässt. Es eröffnet sich dann auch die Aussicht, durch ein umfangreiches und statistisch behandeltes Beobachtungsmaterial diejenigen Grössen zu bestimmen, von denen die soeben erwähnten Wirkungen abhängen: nämlich die Massen und Entfernungen von Sonne und Mond in Einheiten der Masse und des Halbmessers der Erde.

Theoretisch knüpft sich aber noch ein anderes Interesse an die Beobachtungen mit dem Horizontalpendel. Unter Voraussetzung der oben erwähnten Aufstellung im Meridian müsste das Pendel, wenn es sich nur unter dem Einflusse der

strischer Gegenstände hervorgebracht werden, von Dr. C. A. F. Peters.“ *Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Acad. Imp. des sciences de St. Pétersbourg, Tome III. N. 14.* Petersburg 1844.

Sonne bewegte, im Laufe von 24 Stunden 4 mal seine Gleichgewichtslage im Meridian passiren, nämlich beim Auf- und Untergange der Sonne und bei ihrer oberen und unteren Passage durch den Meridian. Da diese Bewegungen des Pendels keine Summationswirkungen wie diejenigen des Meeres bei der Ebbe und Fluth sind, sondern direct durch attractive Fernewirkungen erzeugt werden, so müssen sie auch gleichzeitig mit der entsprechenden wahren Position der Sonne stattfinden. Braucht dagegen die Schwerkraft, wie das Licht, etwa 8 Minuten Zeit, um von der Sonne zur Erde zu gelangen, so würden die obigen Gleichgewichtslagen des Pendels auch um diese Zeit verspätet stattfinden müssen. Gelingt es daher, die Zeiten jener Gleichgewichtslagen auch nur bis auf 1 Minute genau zu bestimmen, so würde die Frage, ob die Schwere zur Fortpflanzung Zeit gebrauche, noch bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit entschieden werden können, welche 8 mal grösser als diejenige des Lichtes ist.

Ob indessen die relative Starrheit unserer Erdkruste[1]) den mehrfach erwähnten Einflüssen gegenüber hinreichend gross ist, um derartige Beobachtungen mit Erfolg anstellen zu können, muss der Zukunft und der Beharrlichkeit der

[1]) Es sind mehrfach Versuche gemacht worden, besonders von Hopkins, W. Thomson, Pratt, die Frage zu entscheiden, ob das Innere der Erde fest oder flüssig, ob ihre Kruste dick oder dünn, beweglich oder unbeweglich sei. Die hierauf bezüglichen Untersuchungen haben einerseits den Einfluss dieser Eigenschaften auf die Präcessionsconstante in Betracht gezogen, andererseits die direct über die Starrheit bekannter Körper gemachten Beobachtungen auf die Cohäsionsverhältnisse der Erdrinde übertragen. Dass die Erdkruste dem glühend-flüssigen Kerne gegenüber sich nicht wie eine schwimmende Insel oder Eisdecke dem Meere gegenüber verhält, folgt einfach aus der Existenz des Ebbe- und Fluth-Phänomens. Aber den Grad der Starrheit der durch ungeheure Druckkräfte nach dem Princip der Kellergewölbe zusammengepressten Erdkruste aus den Druckkräften bestimmen zu wollen, welche der Mond durch seine Attraction auf diese Massen ausübt, halte ich für ebenso gewagt, als aus den durch Druckkräfte an der Schale eines Hühnereies hervorgebrachten Formveränderungen auf den Aggregatzustand des Inneren schliessen zu wollen. Solange jene Druckkräfte nicht stark genug sind, die Schale des Eies zu zertrümmern, wird man schwerlich auf diesem Wege Aufschluss darüber erhalten, ob das Ei ein rohes oder gekochtes ist.

Beobachter zur Entscheidung überlassen bleiben. Jedenfalls werden uns systematisch und gleichzeitig in zwei verschiedenen Verticalkreisen angestellte Beobachtungen mit dem Horizontalpendel und ihre Vergleichung mit den Ablesungen der magnetischen Instrumente ein sehr werthvolles Beobachtungsmaterial liefern, dessen Discussion die enge Beziehung zwischen den mechanischen, electrischen und magnetischen Vorgängen unseres Planeten in ein klar erkanntes Causalverhältniss verwandeln wird. Wir gelangen hierdurch in den Besitz einer ausserordentlich reichhaltigen und mannigfaltigen Zeichensprache, deren Deutung uns dereinst vielleicht in ebenso vollkommener Weise eine anschauliche Vorstellung von den Vorgängen unter der Erde verschaffen wird, wie dies die Zeichensprache der Sinne, besonders durch Vermittelung des Lichtes, bei den Vorgängen über der Erde gethan hat.

Zur Geschichte des Horizontalpendels.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Sitzung der math.-phys. Classe am 2. November 1872).

Abgedruckt in Poggendorff's Annalen Bd. 150 S. 140—S. 150.

In der Sitzung am 27. November 1869 machte ich der Königl. Gesellschaft eine Mittheilung „über eine neue Methode zur Messung anziehender und abstossender Kräfte“ [1]) und erläuterte das entwickelte Princip an einem in kleinem Maassstabe ausgeführten Modelle. Am Schlusse der hierauf bezüglichen Abhandlung sah ich mich genöthigt, die Priorität der Idee zu dem erwähnten Instrumente dem französischen Gelehrten Hrn. Perrot zu vindiciren, welcher bereits am 31. März 1862 der französischen Akademie ein zu gleichen Zwecken und nach demselben Principe ausgeführtes Instrument beschrieben hat [2]), ohne jedoch, so weit mir bekannt, weitere Beobachtungen mit demselben anzustellen. Ich citirte in meiner Abhandlung wörtlich und ausführlich die wesentlichen Stellen der Perrot'schen Notiz, um so am sichersten allen Ansprüchen der Priorität auch bezüglich der Construction des Instrumentes gerecht zu werden. Inzwischen war ich bemüht, dem Instrumente auf Grund zahlreicher Versuche eine solche Gestalt zu geben, wie sie mir nach meinen bisherigen Erfahrungen am zweckmässigsten erschien. Eine Beschreibung nebst Abbildung dieses Apparates, sowie eine mit demselben angestellte Reihe von Beobachtungen theilte ich in meiner am 20. October 1871 der Königl. Gesellschaft vorgelegten Abhandlung „über den

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft 1869, S. 281 ff. (Siehe S. 131 dieses Heftes.)

[2]) *Comptes rendus T. 54, p. 278.*

Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper“[1]) mit.

Durch eine freundliche Mittheilung des Hrn. Dr. Klein in Cöln wurde ich nun neuerdings auf eine in Dingler's polytechnischem Journal vor nunmehr 40 Jahren publicirte Abhandlung aufmerksam gemacht, aus welcher hervorgeht, dass der Verfasser derselben nicht nur vollkommen dieselbe Idee wie Perrot concipirt hat, sondern sogar schon mit einem in grösserem Maassstabe ausgeführten Instrumente Beobachtungen über die Attraction des Mondes und der Sonne angestellt hat.

Die erwähnte Abhandlung ist betitelt: „Astronomische Pendelwage, nebst einer neuen Nivellirwage, erfunden und dargestellt von Lorenz Hengler, academischen Bürger an der Hochschule zu München.“ Dieselbe befindet sich, mit Abbildungen versehen, im 43. Bande von Dingler's polytechnischem Journal (Jahrgang 1832) S. 81 — 92.

In der Einleitung zu dieser Abhandlung bemerkt der Verfasser wörtlich folgendes:

„Es ist allgemein bekannt, welche wichtige Rolle das Pendel sowohl im wissenschaftlichen als civilen Leben spielt; seine ausgebreitete mannigfaltige Anwendung zu so vielen und verschiedenen Zwecken macht es zu einem der wichtigsten Instrumente. Doch scheint mir noch eine Seite übrig zu sein, von welcher es noch nicht benutzt worden ist, wenigstens noch nicht so, wie es seiner Natur nach hätte benutzt werden können; — ich meine nämlich als Instrument diejenigen bewegenden Kräfte zu messen, welche nicht in paralleler Richtung mit der Schwere wirken.

„Es ist nämlich bekannt, dass das Pendel, wenn es von der Schwere allein afficirt wird, nur in verticaler Lage ruht, und dass eine gewisse Kraft, die aber nicht parallel mit der Schwere wirken darf, gefordert wird, dasselbe aus der senkrechten Lage zu bringen, welche Kraft dem Sinus des Eleva-

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. 1871, S. 479. (Vgl. oben S. 317.)

tionswinkels proportional ist; daher liesse sich durch das Pendel jede solche einwirkende Kraft genau bestimmen. Allein da es viele Kräfte giebt, die im Verhältniss zur Schwere so gering sind, dass wir den Sinus des durch sie erzeugten Elevationswinkels bei einem Pendel von der Länge, die wir ihm zu geben im Stande sind, unmöglich wahrnehmen können; so sind wir auch nicht im Stande, solche Kräfte durch ein gewöhnliches Pendel zu messen. So wissen wir wohl, dass z. B. jeder Körper auf der Oberfläche der Erde gegen den Mond, gegen die Sonne u. s. w. zu einer Zeit stärker gravitiren müsse, als zu einer anderen, je nachdem er auf der, diesem Körper zu- oder abgewandten Seite sich befindet, und das Pendel müsste diese Differenz seiner Natur nach genau anzeigen; allein hiezu wäre schon ein Pendel von mehreren tausend Fuss nöthig, um nur eine Spur von dieser Differenz wahrnehmen zu können. Ebenso verhält es sich mit vielen anderen Kräften, welche alle ganz genau durch das Pendel bestimmt werden könnten, wenn wir im Stande wären, ihm jede beliebige Länge zu geben.

Diese Schwierigkeit nun glaube ich durch eine Vorrichtung, die ich nachher beschreiben werde, überwunden zu haben, so dass man im Stande ist, ein Pendel oder eigentlich eine Pendelwage[1]) zu verfertigen, die an Empfindlichkeit einem gewöhnlichen Pendel von jeder, selbst unendlicher Länge gleichkommt, und man daher ein Instrument hat, jede auch noch so geringe Kraft, welche nicht in paralleler Richtung mit der Schwere wirkt, zu messen."

Das Princip seiner Pendelwage begründet hierauf Hengler mit folgenden Worten:

„Diese Pendelwage beruht auf dem Princip, dass man ein Pendel in einer gegen den Horizont geneigten Ebene schwingen lässt, anstatt in einer senkrechten, wie es bei gewöhnlichen Pendeln der Fall ist, . . ."

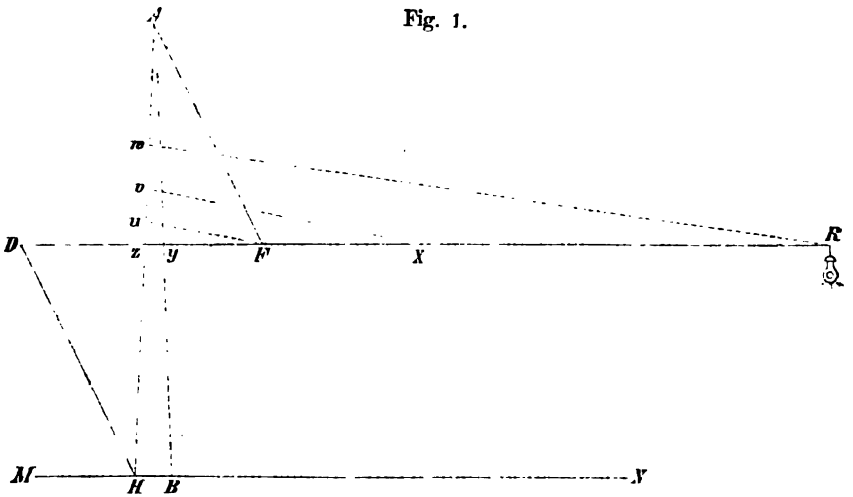
---

[1]) „Denn es ist ein Mittelding zwischen Pendel und Wage, wie aus der Theorie erhellen wird. Ich gab ihm den Namen „astronomische Pendelwage", weil sie vorzüglich für astronomische Untersuchungen bestimmt ist."

Nach Entwickelung einiger auf dieses Princip bezüglichen Formeln wird das Instrument folgendermaassen beschrieben und durch Figur 1. erläutert.

„Es seien A und B senkrecht übereinanderstehende feste Punkte: DH und AF zwei Fäden, welche in A und H befestigt sind, und den Hebelarm DP, dessen Schwerpunkt nach P fällt, in horizontaler Lage halten; so wird dieser Hebelarm nur in einer mit der MN (welche durch H und B gezogen ist) parallelen Lage ruhen, und jedes Mal wieder dahin zurückkehren, wenn er durch eine Kraft aus dieser Lage gebracht

Fig. 1.



worden ist, oder eigentlich nach Art eines Pendels hin- und herschwingen, und zwar in einer schiefen Ebene, deren Neigungswinkel = HAB ist. Man mag daher ein Gewicht oder eigentlich den Schwerpunkt des Hebelarmes auf jeden beliebigen Punkt desselben übertragen, so beschreibt er Schwingungen in einer unter Neigungswinkel HAB gelegten Ebene, wobei die Länge des Pendels dem Abstand von dem Punkt Z (wenn dieses der Punkt ist, wo die Linie HA den Hebelarm schneidet) proportional ist . . .“

Nach einigen weiteren Entwickelungen und der Ableitung des Ausdruckes für die Kraft, welche zu Erzeugung eines

bestimmten Elevationswinkels erforderlich ist, erwähnt der Verfasser die folgenden „Hauptpunkte zur Berücksichtigung bei Verfertigung dieser Wage."

1. „Die Punkte A und D müssen unbeweglich fest sein; es wird daher zur Aufstellung dieses Instrumentes ein ebenso festes Local erfordert, als zu irgend einem anderen astronomischen Instrumente. 2. Die Fäden AF und DH dürfen keine drehende Kraft haben, auch keine bekommen durch jede barometrische, hygrometrische und thermometrische Veränderung; sie dürften daher nicht aus geflochtenen oder gesponnenen Stoffen sein, sondern aus gewobenen oder reinen Naturprodukten, z. B. ungesponnener Seide, Rosshaar etc. 3. Alle fremden Kräfte müssen abgehalten werden, besonders Luftzug, oder auch Magnetismus, Elektricität etc. Der Hebelarm darf daher nicht aus Eisen oder überhaupt aus einem Material, auf welches Magnetismus oder Elektricität besonderen Einfluss haben, verfertigt werden. Um den Luftzug möglichst abzuhalten, wird das ganze Instrument hermetisch verschlossen, so dass nur bei P mittelst eines Mikroskopes der Hebelarm betrachtet werden kann, der sich dort in einer feinen Spitze endigt, unter welcher eine Skala angebracht ist. 4. Auch ist noch eine Vorrichtung zu treffen, den Hebelarm in Ruhe zu bringen, denn sonst wäre man genöthigt, den Stand desselben durch die Grenzen der Oscillation selbst zu bestimmen, weil der Hebelarm, wenigstens nach meinen bisherigen Beobachtungen, niemals ganz ruhig ist."

Man ersieht aus diesen Angaben, dass Hengler damals noch nicht mit der fünf Jahre früher von Poggendorff und einige Jahre später auch von Gauss benutzten Methode der Spiegelablesung bekannt gewesen ist.[1])

In dem folgenden § beschreibt nun Hengler seine Versuche mit der Pendelwage und zwar wörtlich in folgender Weise: „Resultate aus meinen bisherigen Versuchen."

„Aus der Theorie dieser Pendelwage ergiebt sich von selbst, dass sie ein Instrument ist, durch welche jede, selbst die geringste Kraft gemessen werden kann; . . ."

[1]) Poggendoff's Annalen VII. 1827. „Neues Instrument zum Messen der magnetischen Abweichung."

1. „Meine ersten Versuche richteten sich auf die Attraction der Sonne und des Mondes. Zu diesem Zwecke liess ich in einem Zimmer von 16′ Höhe meine Wage, deren Hebelarm 10′ Länge hatte, anbringen, suchte hierzu zwei Punkte aus, den einen oben an der Decke des Zimmers, den anderen unten auf dem Boden desselben, die mir die festesten schienen und zugleich eine solche Lage hatten, dass der Hebelarm eine Schwingungszeit von fünf Minuten erhielt. Die Empfindlichkeit der Wage war daher sehr gross . . . .

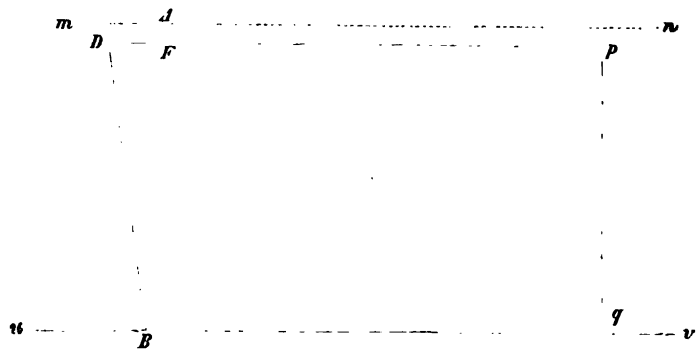
Dieses Instrument verschloss ich hermetisch, so dass nur der Hebelarm bei *P* mittelst des Mikroskopes betrachtet werden konnte. Ich stellte nun im Neumonde des Monats März die Wage so, dass der Hebelarm Mittags 12 Uhr in der Mittagslinie ruhte, und nun machte er folgende Oscillationen: Von 12 Uhr an zog er sich immer mehr und mehr gegen Westen, bis etwa nach 3 Uhr; kehrte dann wieder allmälig zurück, so dass er etwas nach 6 Uhr wieder in der Mittagslinie stand; zog sich dann nach und nach hinüber gegen Osten, bis nach 9 Uhr; kehrte dann allmälig wieder zurück, so dass er gegen $12^1/_2$ Uhr wieder in der Mittagslinie stand. Diese Oscillationen wiederholte er immer in der nämlichen Zeit, wovon ich mich zwei Monate lang täglich überzeugte. Wenn ich die Grenzen der Oscillationen an verschiedenen Tagen verglich, so zeigte es sich, dass sie am grössten waren zur Zeit des Neu- oder Vollmondes; am kleinsten aber in den Quadraturen. Das tägliche Ab- und Zunehmen aber auch nur einigermassen zu bestimmen, bin ich wegen der Untauglichkeit des Lokales nicht im Stande und kann also nur das als unbezweifeltes Endresultat annehmen, dass diese Oscillationen der Wage wirklich von der Attraction der Sonne und des Mondes herrührten; bin aber auch überzeugt, dass man die Attractionskraft des Mondes selbst und daher auch seine Masse durch dieses Instrument genau bestimmen kann, sobald man ein dazu taugliches Lokal hat.“

2. „Versuche anderer Art stellte ich an in Beziehung auf die Kraft, mit welcher ein Körper sich gegen den Aequator zu bewegen strebt, wegen der Axendrehung der Erde. Zu

diesem Zwecke machte ich folgende Vorrichtung (siehe untenstehende Fig. 2).

In einem Gebäude von 100 Fuss Höhe suchte ich zwei möglichst feste Punkte A und B (wenn mn das Dach und uv den Boden des Gebäudes vorstellen), brachte meine Wage so an, dass der Faden AF $^1/_2$ Fuss, also BD $99^1/_2$ Fuss lang und der Hebelarm folglich ganz oben war; anstatt das Gewicht unmittelbar in P anzubringen, befestigte ich dasselbe mittelst eines Fadens PQ so, dass es beinahe auf dem Boden war; regulirte nun die Wage so, dass der Hebelarm senkrecht auf der Ebene des Mittagskreises stand, zog endlich das Gewicht von Q nach P hinauf, und so zog sich auch der Hebelarm nach Süden und zwar so bedeutend, dass ich schon bei einer Erhöhung von einigen Fuss eine Differenz wahrnehmen konnte. Die Wage war natürlich hermetisch verschlossen, hatte die nämliche Empfindlichkeit wie oben und das nämliche Mikroskop zur Beobachtung. Obgleich diese Versuche in kurzer Zeit sehr oft wiederholt und abgeändert

Fig. 2.



werden können, und man also in kurzer Zeit genaue Resultate erhalten kann, zumal da alle jene Unregelmässigkeiten, welche aus Temperaturwechsel u. s. w. entstehen, hier wegen der Kürze der Zeit, welche zu einem Versuche nöthig ist, gänzlich wegfallen; so habe ich doch bis jetzt noch nicht genau bestimmen können, wie viel für jeden Fuss Erhöhung des Gewichtes der Hebelarm gegen Süden sich wendet, und

kann einstweilen nur das als bestimmt behaupten, dass diese Wage wirklich eine solche Empfindlichkeit hat, dass sie durch genannte Kraft afficirt, diesen Ausschlag giebt, und zugleich ein directer Beweis für die Axendrehung der Erde ist.

3. Ich stellte noch Versuche anderer Art an, wovon ich aber keine bestimmten Resultate wegen Untauglichkeit meines Lokales geben kann. Diese Versuche betreffen nämlich die Frage: ob alle Materie gleich gravitire gegen den Mond und gegen die Sonne."

Ehe ich zur Mittheilung anderer Stellen aus der Abhandlung Hengler's übergehe, seien mir hier zunächst über die oben angeführten Versuche einige Bemerkungen gestattet. Vor Allem ist die Dürftigkeit zu beklagen, mit welcher die Angabe der näheren Umstände und Vorsichtsmaassregeln bei den Versuchen behaftet ist. Ich selber hatte, ehe es mir gelungen war, das Instrument in der zuletzt beschriebenen Form herzustellen, Versuche angestellt, die fast vollkommen mit den oben von Hengler erwähnten übereinstimmen. Trotzdem ich mich eines tiefen Kellergewölbes als Beobachtungsraumes bediente, an dessen Decke und Fussboden in ähnlichem Abstande wie bei den Hengler'schen Versuchen die Aufhängepunkte des Pendels angebracht waren, ist es mir nicht möglich gewesen, den Einfluss des Mondes in so unzweideutiger Weise an den Bewegungen des Pendels wahrzunehmen, wie das oben von Hengler behauptet wird. Ebenso wenig war mir dies an dem veränderten Instrumente möglich, dessen Abbildung und Beschreibung ich in meiner letzten Abhandlung „über den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper" gegeben habe. Wenn man berücksichtigt, dass im günstigsten Falle die von Sonne und Mond gemeinsam auf ein Pendel ausgeübte doppelte Ablenkung höchstens nur $^1/_{20}$ Bogensecunde betragen kann[1]),

[1]) C. A. F. Peters, „Von den kleinen Ablenkungen der Lothlinie und des Niveaus, welche durch Anziehung der Sonne, des Mondes und einiger terrestrischer Gegenstände hervorgebracht werden." *Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Acad. Imp. des sciences de St. Pétersbourg. T. III. No. 14, Pétersbourg 1844.*

so darf unter Voraussetzung einer absoluten Unveränderlichkeit der einzelnen Theile des Beobachtungsraumes, die Horizontalebene desselben höchstens nur Veränderungen erleiden, welche innerhalb der obigen Winkelgrösse liegen.

Man ersieht hieraus, dass ein derartiger Apparat nicht nur, wie Hengler oben bemerkt, „ein ebenso festes Local fordert, als irgend ein anderes astronomisches Instrument", sondern (da man bei letzteren an der Libelle höchstens $^1/_{10}$ Secunde schätzen kann), dass eine beträchtlich viel stabilere Aufstellung dazu erforderlich ist.

Durch diese Betrachtungen veranlasst, bemerkte ich bezüglich der Aufstellung des Horizontalpendels:

„Derartige Beobachtungen werden daher am vortheilhaftesten in tiefen und ruhig gelegenen Erdschächten angestellt werden, wo dann bei Abwesenheit von Temperaturschwankungen und localen Erschütterungen alle jene Einflüsse quantitativ bestimmt werden können, welche direct durch vulkanische Bewegungen des Erdbodens hervorgerufen werden."

Wenn ich durch die hier gemachten Bemerkungen auch keineswegs die Glaubwürdigkeit der Hengler'schen Beobachtungen in Frage stellen will, so scheinen mir dieselben doch mindestens mit grosser Vorsicht aufgenommen werden zu müssen.

Am Schlusse seiner Abhandlung beschreibt Hengler noch ein Instrument, bei welchem das Princip seiner astronomischen Pendelwage zur Construction einer Nivellirwage benutzt wird. Die wesentlichsten der hierauf bezüglichen Worte lauten folgendermassen:

„Vielleicht könnte diese Wage noch in manchen anderen Fällen ihre Anwendung finden, wenigstens glaube ich auf diese Art eine Nivellirwage verfertigen zu können, die manche Vorzüge vor den andern haben möchte. Dass man durch bisherige Instrumente nicht im Stande ist vollkommen zu nivelliren, ja dass man höchstens nur bis zu einer Secunde mit Sicherheit nivelliren kann, bedarf keines Beweises. Ganz anders aber verhält es sich mit einem Nivell nach Art der astronomischen Pendelwage; denn hier liegt es in der Willkür,

dem Nivell jede denkbare Empfindlichkeit zu geben, so dass man im Stande ist, nicht nur einzelne Secunden, sondern selbst hundertste Theile einer Secunde mit grösster Sicherheit zu messen . . .

Obgleich nun ein solcher Winkel auch für das stärkste Fernrohr gänzlich verschwindet, aber vielleicht in kurzer Zeit durch Vervollkommnung der Heliotropen bestimmt werden wird, so soll durch dieses Beispiel nur gezeigt sein, dass man dem Nivell jede, für jeden Versuch nöthige Empfindlichkeit geben kann. — Um mich einer weitläufigen Beschreibung überheben zu können, habe ich eine solche Nivellirwage durch Hrn. Mechanikus Weissenbach dahier verfertigen lassen und dieselbe der Königl. Akademie der Wissenschaften vorgelegt."

Ich beschliesse hiermit die Reproduction von Stellen aus der Originalabhandlung Hengler's, welche zur Genüge beweisen werden, dass nicht, wie es in meiner ersten Abhandlung geschah, Hrn. Perrot in Paris, sondern Hrn. Hengler in München die Priorität des besprochenen Instruments vindicirt werden muss, indem Letzterer bereits 40 Jahre vor Perrot nicht nur dieselbe Idee concipirt, sondern selbst schon Beobachtungen mit einem nach klar von ihm entwickelten Principien ausgeführten Apparate angestellt hat.

Auf eine bezüglich der Persönlichkeit des Erfinders nach München gerichtete Anfrage erhielt ich durch gütige Vermittelung der Hrn. Professors Beetz und des Hrn. Universitätssecretairs die folgende Angabe:

„Im Jahre 1830—31 war ein Cand. phil. et theol. Lorenz Hengler von Reichenhofen in Würtemberg immatriculirt, der weder früher noch später wieder zu finden ist."

Nachtrag.

Ich wandte mich hierauf mit der Bitte um weitere Nachforschungen nach Hengler brieflich an Hrn. Prof. P. Zech, Director des Polytechnicums in Stuttgart, und erhielt zu meiner Freude durch Vermittelung noch lebender Verwandten Hengler's die folgenden biographischen Notizen über den ersten Erfinder des Horizontalpendels. Dieselben sind bereits im Jahre 1874 auf meine Veranlassung in Poggendorff's Annalen Bd. 150 S. 496 veröffentlicht worden und lauten wie folgt:

„Lorenz Hengler wurde zu Reichenhofen den 3. Febr. 1806 geboren. Seine Eltern betrieben auf einem Einödgütchen Landwirthschaft, und hatten 9 Kinder. Die sechs Söhne sollten jeder ein Handwerk erlernen, Lorenz jedoch wollte studiren. Endlich im 14. Jahr durfte er in die lateinische Schule in Leutkirch eintreten. Zwei Jahre später wurde er in das Gymnasium in Kempten aufgenommen, er fand Wohlthäter, welche ihm den Unterhalt möglich machten. Im 19. Jahre trat er in's Obergymnasium Ellwangen, im 21. in das neu errichtete katholische Convict in Ehingen und im 22. in das Convict zu Tübingen, wo er aber nur zwei Jahre blieb. Er ging nach München, um Mathematik und Astronomie zu studiren und das theologische Studium aufzugeben. Allein die nöthigen Geldmittel aufzubringen und mehrere Jahre in München zuzubringen, war er nicht im Stande, obgleich er Privatunterricht gab, Luftballons verfertigte, neue Erfindungen in Musik und Optik ins Leben zu bringen suchte. Er kehrte nach zweijährigem Aufenthalt in München nach Würtemberg zurück, zunächst nach Stuttgart, um bei einem Optiker Gläser schleifen zu lernen, dann nach Tübingen, um seine theologischen Studien zu vollenden.

Im Jahre 1835 erhielt er die Priesterweihe zu Rottenburg, wurde Vicar in Höchstberg, bald Pfarrverweser in Obergriesheim, 1840 Pfarrer in Mühlhausen, O. A. Geilingen, 1849 in Tigerfeld, O. A. Münzingen. Dort starb er an einem Kehlkopfleiden am 21. April 1858. Ein treffliches, grossartiges Fernrohr, der Vollendung nahe, konnte nicht mehr von ihm zur Ausführung gebracht werden."

Gänzlich unabhängig von den obigen Resultaten meiner Bemühungen, dem ersten Erfinder des Horizontalpendels seine Prioritätsrechte zu sichern, erschien in demselben Bande 150 von Poggendorff's Annalen der folgende Aufsatz von Professor Šafařik in Prag.

Beitrag zur Geschichte des Horizontalpendels von Professor Šafařik.

(Abdruck aus Poggendorff's Annalen Bd. 150, S. 150 ff.)

(Dem Herausgeber der Annalen mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den Berichten der Königl. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften 1872.)

Da ich wissenschaftliche Zeitschriften, welche nicht mein specielles Fach, die Chemie, behandeln, meist nur spät zu Gesichte bekomme, so lernte ich erst vor Kurzem durch das *Philosophical Magazine* Hrn. Zöllner's grosse Abhandlung „Ueber den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Himmelskörper" kennen. Im § 24 dieser — wie alles, was von Hrn. Zöllner kommt — geistreichen und tiefsinnigen Abhandlung finden sich ausführliche Angaben über ein neues Instrument, welches Hr. Zöllner schon im November 1869 der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften vorgelegt hatte, in einer Abhandlung „Ueber eine neue Methode zur Messung von anziehenden und abstossenden Kräften", die mir unbekannt geblieben war. Herr Zöllner schlägt vor, das neue Instrument Horizontalpendel zu nennen, erwähnt auch, dass bereits 1863 Perrot ein auf denselben Principien beruhendes Instrument zu denselben Zwecken vorgeschlagen und in den *Comptes Rendus* der Pariser Akademie beschrieben habe.

Es ist von hohem Interesse, und wird gewiss auch Hrn. Zöllner interessiren zu erfahren, dass sein Instrument bereits vor mehr als einem Menschenalter in Deutschland nicht nur beschrieben und abgebildet, sondern auch zu Versuchen verwendet worden ist, wiewohl über die Resultate nichts näheres mitgetheilt wird.

Sonderbarerweise geht die Sache auf einen Mann zurück, dessen Name in den exacten Wissenschaften keinen guten Klang hat, und von dem man sie gewiss am allerwenigsten erwarten mochte, auf Gruithuisen in München. Ich fühle mich umsomehr verpflichtet ihm diese späte Gerechtigkeit zu erweisen, als ich in einem vor sieben Jahren (in der böhmischen Museumzeitschrift Band 39) publicirten längeren Aufsatze über den jetzigen Zustand der Mondforschungen den phantasiereichen Münchener Naturforscher etwas scharf hergenommen, ihn sogar zum Selenoprotophantasten promovirt habe. Ich fühle nunmehr, bei etwas reiferen Jahren, selbst, dass diese Schärfe gegenüber einem längst in hohem Greisenalter Dahingeschiedenen, der bei allen seinen Extravaganzen doch stets im guten Glauben vorging, vielleicht nicht an ihrem Platze war, und nehme hiemit von meinen Worten nicht das Wesen, wohl aber das allzu Scharfe in der Form hiemit gern zurück.

Schon das erste Heft von Gruithuisen's Analekten für Erd- und Himmelskunde (München 1828, S. 80) wird eröffnet durch eine 45 Seiten lange wahrhaft originelle und merkwürdige Abhandlung des Herausgebers „Ueber den Vorschlag durch die Erde ein Loch zu graben; ob man nicht das Verhalten der Luft in grossen Tiefen auf andere Weise erforschen könnte; von der Durchgrabung eines Canals quer durch ein Gebirge oder eine Meerenge; von der catachthonischen Sternwarte, ihren mathematischen und optischen Instrumenten, so auch vom Elkysmometer."

Zu einer Zeit, wo — allerdings am meisten durch die eigene Schuld von Gruithuisen und seines Gleichen — alle sogenannte physische Himmelsforschung in solchen Misscredit gerathen war, dass — in Folge einer natürlichen Reaction — die Fachastronomen mit Schärfe darauf bestanden, bloss Oerter und Zeiten, also bloss Bewegungen und ihre Veränderungen, als Inhalt der Astronomie anzuerkennen, dass (um nur ein Beispiel zu nennen) sogar die Entdeckung des dunkeln Saturnringes durch Galle zu Berlin (in Mädler's Gegenwart!) und Vico zu Rom (1838) unterdrückt werden oder doch unbeachtet bleiben konnte (unglaublich aber wahr), zu einer solchen

Zeit konnte Gruithuisen's Abhandlung nur ungereimt erscheinen; heute, wo die Physik des Himmels so viel versprechend sich entwickelt, wird man vieles darin nur mit Staunen lesen. Ich kann hier nur andeuten, dass Gruithuisen vorschlägt, theils senkrechte Schächte von mehreren Tausend Fuss Tiefe, theils horizontale Stollen in der Richtung einer Chorde (unter den Alpen! bis zu 15 Meilen Länge) durch die Erde durchzutreiben und — neben praktischen locomotorischen Zwecken — zu physikalisch-astronomischen Untersuchungen zu verwenden. L. c. S. 21 heisst es: „Aber bei diesem ist es übrigens auch gradehin unberechenbar, was der Astronom in einem solchen mit einem möglichst trockenen Schachte versehenen Canale für merkwürdige Beobachtungen anstellen könnte. Der gemeine Mann würde ein entsetzliches Gelächter aufschlagen, wenn man ihm sagte, dass man unter den Gebirgen in solchen Tiefen eine vortreffliche Sternwarte, worin Beobachtungen von ganz eigener Art zu machen wären, bauen könnte, die uns höchst erwünschte zu erwartende und eine Menge nützlicher, jetzt noch unbekannter Daten liefern würde, die sowohl der practischen als theoretischen Astronomie neue Hülfsmittel zu einer noch viel grösseren geometrischen Genauigkeit und einer grossen Menge neuer Resultate verschaffen müsste. Dieser unterweltlichen Sternwarte will ich den Namen catachthonische Sternwarte oder Catachthonium geben." Nun, ich glaube, zu der Zeit, als obige Worte gedruckt wurden, würden auch noch andere als bloss gemeine Leute ein entsetzliches Gelächter aufgeschlagen haben, wenn ihnen Gruithuisen's Abhandlung zu Gesichte gekommen wäre.

Die Hauptinstrumente des Catachthoniums wären nach Gruithuisen zweierlei: Erstens grosse, genau abgedrehte Ringe an den Schachtöffnungen, um an ihnen, wie an Ringmikrometern aus einer Entfernung von 100 bis 2000 Fuss Sterndurchgänge (in Folge der präsumirten Sichtbarkeit der Sterne aus tiefen Schachten) auch bei Tage zu beobachten, und (S. 22) „unmittelbar lauter, von der Refraction völlig reine, geocentrische Beobachtungen" zu erhalten. Auf S. 28 heisst es hierüber: „Was schon diese

wenigen Instrumente in Bezug auf die eigene Bewegung vieler Fixsterne, auf das Solstitium, auf Präcession, Nutation, Aberration, Mondlauf u. dergl. leisten und berichtigen könnten, davon lässt sich wohl doch um so vielmehr erwarten, als die Stellung der im höchsten Grade einfachen Instrumente die möglichst unveränderlichste seyn muss, indem hier die Veränderlichkeit der Temperatur fast = 0 ist, so dass die nöthigen Uhren nicht einmal der compensirten Pendul bedürfen, und übrigens gar nichts da ist, was einer nur geringen Temperatur-Veränderung unterworfen sein könnte, weshalb eine solche Sternwarte durch irgend eine, noch so sehr Alles leistende oberirdische auf keine Weise ersetzbar ist." Hier haben wir Lamont's und Carrington's unterirdische Observatorien um ein Menschenalter anticipirt.

Das zweite Hauptinstrument des Catachthonium sollten feine Bleilothe sein, an Drähten von 150 bis 1500 Fuss Länge aufgehängt, um daran (nach S. 32) die „Bahnbewegung der Erde" „und vielleicht sogar noch die Verschiedenheit in der jährlichen Geschwindigkeit dieser Bewegung bemerklich" zu machen. Auf S. 30 und 31 wird nämlich gezeigt, dass die Rotationsgeschwindigkeit eines Punktes im Erdäquator sich einmal während jeder Rotation zur Bahngeschwindigkeit der Erde addirt, einmal davon subtrahirt, und dass dadurch Variationen in der horizontalen Componente der Erdschwere eintreten, welche von der doppelten Differenz beider Geschwindigkeiten abhängen. Mit einem, nur 10 Fuss langen Bleiloth machte Gruithuisen Beobachtungen, welche (*l. c.* S. 33) bereits in seinem Werke „Lieblingsobjecte auf dem Felde der Naturforschung", München 1817 (S. 69 sq. 26—77 und 128) angeführt sein sollen. Ich habe mir dieses Werkchen nicht zur Einsicht verschaffen können. In den Analekten *l. c.* S. 33—34 heisst es von diesen Beobachtungen: „Schon bei meinen ersten Versuchen ergab sich, dass dieses Instrument, welches ich Elkysmometer nannte, Wirkungen äussere, die nicht von zufälligen Ursachen, sondern von den Wirkungen der Schwere und Bewegung der

Erde und von der zunehmenden Nähe anderer grosser Weltkörper abhängen, welche letztere schon durch die Seiches sich so real und deutlich ankündigte, wenn wir auch keine Ebbe und Fluth hätten. Am auffallendsten war die östliche Abweichung des Elkysmometerfadens von 8 bis 9 Uhr Morgens . . . Auch war es nicht zu verkennen, dass der Mond seine Attractionen auf das Elkysmometer ausübte, besonders am Morgen, wenn er eben zwischen der Sonne und Erde stand." Auch „Erdbeben, selbst aus anderen Welttheilen her" zeigte ihm das Elkysmometer an (*l. c.* S. 34), und ebd. auf S. 37 wird der Vortheil langer Bleilothe vor kurzen ausführlich bewiesen, zum Schlusse sogar eine Tafel für Reduction sehr kleiner Sinus auf Bogen behufs der Beobachtungen an sehr langen Elkysmometern gegeben.

Bei den *l. c.* beschriebenen rohen Vorrichtungen Gruithuisens ist nicht zu bezweifeln, dass seine Resultate auf zufälligen äusseren Störungen, z. th. wohl auch auf Illusion beruhten, wie denn überhaupt eine kurze Rechnung hinreicht, um zu zeigen, dass Bleilothe hier schwerlich jemals zu Resultaten führen werden. Nur der von Gruithuisen vorgeschlagene Name (*helkysma* = der Zug, *helko* = ich ziehe), der jedoch unrichtig gebildet ist und Helkometer heissen müsste, verdient Annahme.

Aber das Merkwürdigste kommt erst.

In Gruithuisen's Neuen Analekten für Erd- und Himmelskunde, Bd. I Heft 1, erschienen zu München 1832 (beendet laut S. 72 „am 27. Juli 1831"), findet sich S. 39 und 40 ein Aufsatz: „Ritter Bessel's Versuche über die Kraft, mit welcher die Erde Körper von verschiedener Beschaffenheit anzieht, und von des Herausgebers Elkysmometer und Hengellers Schwungwage."

Nach einem nur 19 Zeilen füllenden Bericht über Bessel's Pendelversuche mit Gold, Silber, Blei, Eisen, Zink, Messing, Marmor, Thon, Quarz, Wasser, Meteoreisen und Meteorstein, welche alle bis auf weniger als $\frac{1}{6000}$ dieselbe Länge des einfachen Secundenpendels ergaben, heisst es nun wörtlich:[1])

[1]) Die folgende Abbildung ist ein treues Facsimile des Originals.

(„Es ist durch diese Versuche einer meiner sehnlichsten Wünsche erfüllt. Schon vor 20 Jahren (1812) hing ich an mehreren Klafter langen Metallfäden Körper von verschiedener Beschaffenheit auf, um zu versuchen, ob die entgegengesetzte Stellung des Mondes gegen sie keine Abweichung von der Verticallinie bewirke. Da aber der Ort zu solchen Versuchen nicht tadellos war, so hielt ich auch die Resultate der Beobachtungen der Bekanntmachung nicht werth. Ein so langes Pendel, je länger, desto besser, nannte ich Elkysmometer, wenn unten am Metallfaden eine mit einem Fernrohr beobachtbare Skale angebracht war. Ich glaubte daran den täglich zweimal vorkommenden Wechsel der Vor- und Rückwärtsbewegung der Erdoberfläche, in Relation mit der Erdbahnbewegung wahrgenommen zu haben, und so auch mit aller Gewissheit sehr entfernte Erdbeben etc. Ich wünsche, dass jemand Gelegenheit finden möge, in einem Schacht diese Beobachtungen mit gehöriger Genauigkeit zu machen. Reichenbach hat mir dafür eine sehr grosse Libelle vorgeschlagen (vgl. A. Wagner's Beobachtungen von Erdbeben in Süd-Europa an der Libelle des grossen Passageinstrumentes zu Pulkowa); und ich glaube, dass die Schwungwage, welche einer meiner Schüler (Namens Hengeller) ausführte, im Grossen angewandt, vorläufig die besten Dienste machen dürfte:

Sie besteht aus einem horizontalen Hebel *ab* von Messing, woran einerseits eine messingene Kugel *c* als Last angebracht ist; *d* ist ein feiner Metallfaden, an welchem der Hebel oberhalb aufgehangen ist; statt des Gegengewichtes ist der andere Hebelarm durch den Metallfaden *e* an den Boden befestigt, und dieses Instrument wird desto empfindlicher, je näher der Faden *d* dem Faden *e* kommt. Die Kugel *c* kann nur horizontale Schwingungen machen, und wird sichtbar (zufolge Hengeller's Versuche) durch eine Kanonenkugel angezogen. Es würde sehr verdienstlich sein, Beobachtungen an diesem Instrumente anzustellen. G.“)

Das ist also völlig Zöllner's Horizontalpendel, schon mit Skalenablesung durch Fernrohr, wenn auch vielleicht nicht Spiegelablesung; und es ist nach obigen Anführungen wohl kein Zweifel, dass Hrn. Zöllner's kühner Gedanke, durch terrestrische Beobachtungen an einem und demselben Orte die Variationen der Erdschwere und der kosmischen Attractionen nachzuweisen, bereits 1817, also um volle 52 Jahre früher, von Gruithuisen in München ausgesprochen und experimental geprüft wurde; ferner dass das von Hrn. Zöllner zu diesem Zwecke vorgeschlagene Horizontalpendel bereits spätestens 1832, also wenigstens volle 37 Jahre vor Zöllner, von einem Münchener Studenten und Schüler Gruithuisen's, Namens Hengeller, construirt und experimental geprüft wurde, wenn auch leider über die Beobachtungen nichts weiter mitgetheilt wird, als dass sie die Brauchbarkeit des Instrumentes zu dem beabsichtigten Zwecke ergaben. So ist denn also auch dieser bedeutende Gedanke, wie so viele ähnliche, nicht mit einem Male und vollendet an das Licht getreten, sondern lange vorher in originellen Köpfen vereinzelt und in weniger vollkommener Gestalt aufgetaucht, aber, weil die Zeit für ihn nicht reif war, unbeachtet vorübergegangen. Ein scharfer Kopf muss Hengeller gewesen sein, und da er zwischen 1828 und 1832 in München, wo Gruithuisen Professor war, studirt hat, so wäre es wohl noch möglich über seine Persönlichkeit etwas Näheres zu erfahren.

Prag, 1872.

Professor Šafařik.

Ueber den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Oeffentliche Sitzung der math.-phys. Classe am 20. October 1871.)

(Ueber die in der folgenden Abhandlung vielfach erwähnten Reibungsströme habe ich ausführliche Untersuchungen in meinen „Wissenschaftlichen Abhandlungen" Bd. II. Thl. 1 S. 101 ff. veröffentlicht.)

1.

Bereits in der letzten Sitzung am 25. Juli hatte ich die Ehre, der Königlichen Gesellschaft in allgemeinen Umrissen diejenigen Gesichtspuncte mitzutheilen, welche mich auf Grund meiner Untersuchungen „über das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten"[1]) zu einer Hypothese über die physische Ursache des Erdmagnetismus und seiner Beziehung zu den Vorgängen auf der Sonnenoberfläche geführt hatten. Es war meine Absicht, die damals entwickelten Argumente, ehe ich mit ihnen an die Oeffentlichkeit trete, zunächst in einem solchen Umfange mathematisch-physikalisch zu begründen, dass sich hieraus auch quantitativ gewisse Folgerungen ableiten liessen, welche einer directen Prüfung mit Hülfe der Beobachtung zugänglich sind. Der glückliche Erfolg, welcher meine Bemühungen bei der theoretischen Ableitung des Rotationsgesetzes der Sonne durch die Deduction von Formeln begleitet hatte, die sogar in befriedigenderer und einfacherer Weise die numerisch erlangten Werthe der Rotationswinkel in verschiedenen heliographischen Breiten darzustellen gestatteten als die bisher nur empirisch construirten Formeln, hatte mich ermuthigt, die entwickelte Theorie des Erdmagnetismus einer ähnlichen Prüfung zu unterwerfen.

[1]) Berichte d. K. S. G. d. W., Sitzung am 11. Februar 1871.

Während ich nun bisher an der Ausführung dieses Planes durch andere Arbeiten verhindert wurde, erschienen gerade in dieser Zeit sehr interessante Arbeiten, deren Resultate, wie mir scheint, in engster Beziehung zu meiner am 25. Juli vorgetragenen Theorie stehen, so dass ich mich entschlossen habe, schon gegenwärtig die Principien derselben in Folgendem der Oeffentlichkeit zu übergeben. Ich behalte mir hierbei vor, später eine strengere Begründung in dem oben angedeuteten Sinne zu versuchen, wenn dies nicht bis dahin bereits von Anderen geschehen sein sollte, was mir im Interesse der Sache und zur Stütze der Theorie nur in hohem Grade erwünscht sein würde.

2.

Ich hatte in meiner oben erwähnten Abhandlung zu zeigen versucht, dass im Wesentlichen nur vier Eigenschaften der Sonnenoberfläche erforderlich und ausreichend sind, um aus ihnen auf Grund bekannter physikalischer Gesetze alle wesentlichen bisher auf der Sonne beobachteten Erscheinungen abzuleiten. Es waren diese Eigenschaften die folgenden:

1. die intensive Wärmeausstrahlung des Sonnenkörpers,
2. die Rotation desselben,
3. die Existenz einer Atmosphäre,
4. der tropfbar-flüssige Aggregatzustand der Sonnenoberfläche.

Die drei ersten dieser Eigenschaften sind als direct durch die Beobachtung erwiesene Thatsachen zu betrachten. Die vierte habe ich unter anderm als eine physikalisch nothwendige Consequenz aus dem eruptiven Charakter einer grossen Anzahl von Protuberanzen gefolgert[1]) und befinde

[1]) Vergl. Berichte d. K. S. G. d. W., Sitzung am 2. Juni 1870. In meiner dort mitgetheilten Abhandlung „über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne" bemerkte ich Folgendes:

(S. 184 ff.) „Ohne das Gebiet bekannter Analogien und damit die Bedingung für die Erklärbarkeit kosmischer Phänomene zu verlassen, ist es nicht wohl möglich, eine andere Ursache dieser Eruptionen als die Druckdifferenz des ausströmenden Gases im Innern und an der Oberfläche der Sonne anzunehmen. Die Möglichkeit einer solchen Druckdifferenz setzt

mich bezüglich dieser Folgerung gegenwärtig in voller Uebereinstimmung mit Respighi, der durch zahlreiche und sorgfältige Beobachtungen von Protuberanzen zu Anschauungen über die physische Beschaffenheit der Sonne geführt worden ist, welche, wie von ihm ausdrücklich hervorgehoben wird, sowohl bezüglich der Flecken als auch der tropfbar-flüssigen Beschaffenheit der Oberfläche vollkommen mit den bisher von mir allein [1]) vertretenen Anschauungen übereinstimmen [2]).

---

aber nothwendig das Vorhandensein einer Trennungsschicht zwischen den innern und äussern Wasserstoffmassen voraus, von denen die letzteren bekanntlich einen wesentlichen Theil der Sonnenatmosphäre bilden."

[1]) Hr. Emile Gautier hatte bis zum Jahre 1869 ebenfalls die Sonnenflecken als solide, schlackenartige Massen betrachtet. Allein in einer Abhandlung in den *Archives de Genève* (August 1869) giebt er diese Anschauung, beeinflusst durch die Ansichten Secchi's und Faye's, zu Gunsten einer mehr wolkenförmigen Natur der Sonnenflecken wieder auf. Dagegen schliesst ein mir während des Druckes freundlichst übersandtes Referat über meine, das Rotationsgesetz der Sonne betreffende, Abhandlung Gautier's mit folgenden Worten:

„Notre observation ne porte du reste, que sur un détail peu essentiel à la théorie de M. Zöllner. Celle-ci n'en reste pas moins la seule jusqu'à ce jour, qui s'assimile d'une manière aussi complète aux circonstances connues de la physique solaire, sans être obligée de recourir à des suppositions tout à fait en dehors des notions générales admises dans la physique terrestre."

[2]) *Respighi, Sulle Osservazioni spettroscopiche del bordo e delle protuberanze solari etc. . . . Atti della Reale Accademia dei Lincei nella sessione I, del 4 decembre 1870.*

Folgende Stellen aus dieser Abhandlung mögen das oben Bemerkte bestätigen (S. 41). *„La straordinaria violenza o velocità di tali eruzioni ci prova che questi gas debbono trovarsi ad uno stato di enorme tensione, e che perciò essi debbono trovarsi ivi imprigionati o compressi dalla resistenza, o dal peso di uno strato od inviluppo esteriore di conveniente spessezza e densità."*

„Non resta quindi che la supposizione di uno strato o inviluppo liquido, col quale potrebbero conciliarsi tutte queste particolarità."

(S. 44.) *„Quantunque io prevegga che queste conclusioni incontreranno forti ed autorevoli opposizioni, pure ho stimato opportuno di riferirle, perchè mi si presentano come assai concordanti coi fenomeni delle protuberanze, e perciò sotto questo rispetto meritevoli di qualche considerazione: e perchè in parte almeno si accordano colle idee emesse da autorevoli scienziati, e principalmente dallo Zöllner."*

Aus den beiden ersten der oben angeführten Eigenschaften der Sonne folgt, wie ich a. a. O. gezeigt habe, die Entwickelung der allgemeinen Circulation ihrer Atmosphäre, in Folge deren am Aequator die erhitzten Gasmassen emporsteigen und dadurch im unteren Theile der Atmosphäre Polarströme, im oberen Aequatorialströme erzeugt werden, welche wesentlich ungestört übereinander hinfliessen[1]). Diese Ströme äussern auf die glühend-flüssige Oberfläche eine doppelte Rückwirkung, nämlich erstens eine thermische und zweitens eine mechanische. In Folge der ersteren entsteht durch die Berührung mit den herabsteigenden und relativ abgekühlten Aequatorialströmen an den Polen eine stärkere Abkühlung als am Aequator; in Folge der letzteren entwickeln sich durch die Reibung der atmosphärischen Ströme an der flüssigen Oberfläche Driftströmungen, welche die normale Rotation der Kugel in eine dem entwickelten Rotationsgesetze entsprechende abändern.

Man gelangt hierbei durch eine genauere Untersuchung der relativen Geschwindigkeiten der einzelnen übereinander gelegenen Schichten, wie ich a. a. O. S. 76 gezeigt habe, zu dem bemerkenswerthen Resultate, dass innerhalb der durch die atmosphärischen Ströme afficirten Flüssigkeitsschicht die Rotationsgeschwindigkeit mit zunehmender Tiefe wächst, so dass die tiefer gelegenen Schichten den darüber liegenden im Sinne der Rotation vorauseilen.

Demgemäss sind die betrachteten Driftströmungen an der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche dem innern, normal (d. h.

---

[1]) Es gereicht mir zur Freude, gegenwärtig die Existenz dieser Ströme auch direct durch Beobachtungen der Lage und Neigung von Protuberanzgebilden bestätigt zu sehen. In ihrem unteren Theile sind diese Gebilde in überwiegender Mehrzahl nach niedrigeren Breiten, im oberen Theile nach höheren Breiten abgelenkt. Der Anblick zahlreicher Protuberanzbeobachtungen von Tacchini in Palermo beweist dies in überraschender Weise. Auch Herr Professor Spörer hat dieselben Erscheinungen, einer brieflichen Mittheilung zufolge, beobachtet, und betrachtet sie gleichfalls als einen Beweis für die Existenz der früher theoretisch von mir abgeleiteten Strömungen. Hr. Dr. Vogel auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow, ebenso wie Secchi bestätigen das Gleiche.

wie eine feste Kugel) rotirenden, Kerne gegenüber im Allgemeinen von Osten nach Westen gerichtet, und das Rotationsgesetz nur eine Folge der Verzögerung oder Hemmung, welche die Rotationsbewegung der oberflächlichen Schichten der rotirenden Kugel an den Polarströmungen der Atmosphäre erleidet.

Es ergiebt sich hieraus, wie man sieht, dass dem Rotationsgesetze für die Oberfläche der Sonne, nach welchem die Rotationswinkel *neben einander* liegender Flüssigkeitsschichten mit wachsender Polardistanz zunehmen, ein analoges Gesetz für die *übereinander* liegenden Schichten entspricht. — Es sind demnach auf der Sonnenoberfläche alle diejenigen Bedingungen vorhanden, welche fortdauernd in *gleichgerichtetem* Sinne einen Reibungsprocess verschieden erwärmter und wahrscheinlich auch chemisch differenter Flüssigkeitsschichten unterhalten.

In der That verhalten sich die äquatorialen Theile der flüssigen Sonnenoberfläche zu den polaren wie die schneller strömende Mitte eines Flusses zu den Ufern näher gelegenen Theilen. Auch in verticaler Richtung zeigt sich hier eine ähnliche Verschiedenheit der Stromgeschwindigkeit übereinander liegender Schichten (nur im umgekehrten Sinne) wie an der flüssigen Sonnenoberfläche.

3.

Vergegenwärtigt man sich nun nochmals die beiden wesentlichen Ursachen, welche allein ausreichend sind, an der flüssigen Sonnenoberfläche die entwickelten Bewegungserscheinungen hervorzurufen, so sind dies, erstens die Existenz eines fortdauernd von Innen nach Aussen gerichteten Wärmestromes, d. h. also eines permanenten Wärmeverlustes der Oberfläche, und zweitens die Rotation des Sonnenkörpers. In der gegenwärtigen Entwickelungsphase der Sonne findet der permanente Wärmeverlust der glühend-flüssigen Masse direct durch Ausstrahlung statt, in einem späteren Stadium dagegen, wo sich die ganze Oberfläche mit einer zusammenhängenden, festen Kruste überzogen haben wird, direct durch Leitung bei Berührung der inneren Seite der kühleren Incrustations-

rinde. Diese letztere vermittelt alsdann erst durch Ausstrahlung den permanenten Wärmestrom von Innen nach Aussen. Man sieht aus dieser Darstellung, dass unmittelbar unter einer solchen festen Incrustationsrinde für die von ihr eingeschlossene glühende und leicht bewegliche Flüssigkeit die wesentlichen Bedingungen zur Entwickelung jener strömenden Bewegungen erhalten bleiben, welche durch das Rotationsgesetz der Sonne charakterisirt sind. Die durch Berührung und Leitung abgekühlten Flüssigkeitsmassen werden aus denselben Gründen wie früher an den Polen herabsinken und dadurch einen polaren Unterstrom erzeugen, welcher von einem entsprechenden äquatorialen Oberstrom begleitet ist. Dieser äquatoriale Oberstrom der glühenden Flüssigkeit würde dann die Incrustationsrinde auf ihrer innern Seite bespülen und vermöge der Rotation, nach Analogie der oberen Passatwinde eine westliche Ablenkung erfahren. Für die Bewohner einer derartig incrustirten, glühend-flüssigen Kugel würden also die erwähnten Gluthströme in der Tiefe unter ihren Füssen eine Richtung haben, welche sich aus einer äquatorialen und einer der Rotation gleichgerichteten Componente zusammensetzte. Wäre also z. B. unsere Erde ein Körper von der hier vorausgesetzten Beschaffenheit, so würden diese innern Gluthströme auf der nördlichen Halbkugel eine südlich-westliche, auf der südlichen Halbkugel dagegen eine nördlich-westliche Richtung besitzen.

4.

Es fragt sich nun, ob diese inneren Bewegungen des glühend-flüssigen Kernes in irgend welcher Weise an der Oberfläche wahrnehmbare Wirkungen äussern könnten.

Solange die Kruste noch hinreichend dünn ist, um durch die bei derartigen Strömungen stattfindenden Schwankungen und Veränderungen afficirt zu werden, ähnlich wie eine dünne Eisdecke durch das unter ihr hinfliessende Wasser, könnten die so erzeugten mechanischen Einwirkungen durch Apparate beobachtet und gemessen werden, welche es gestatten, die Richtung der Schwere mit der Richtung eines mit der bewegten

Kruste unveränderlich verbundenen starren Körpers zu vergleichen.

Ist die Dicke der Incrustation und dadurch ihre relative Starrheit so weit fortgeschritten, dass derartige mechanische Einflüsse entweder gar nicht oder nur mit äusserst empfindlichen seismometrischen Instrumenten nachweisbar wären, so würden auf grössere Zeiträume ausgedehnte Aenderungen der Intensität der gesammten Strömungsprocesse sich durch thermische Veränderungen in der Kruste bemerkbar machen können. Denn welches auch die Ursache sein mag, durch die ein derartiges Wachsen und Abnehmen der Intensität des gesammten Strömungsprocesses im Innern eines incrustirten Weltkörpers erzeugt wird, nach dem Princip von der Erhaltung der Energie muss bei einer Steigerung der lebendigen Kraft der strömenden Massen eine dieser Zunahme äquivalente Menge von Wärme verschwinden, und daher die mittlere Temperatur des Systemes, d. h. der bewegten Massen und der mit ihr in Berührung stehenden festen Kruste, erniedrigt sein. Allgemein lässt sich daher behaupten: Aenderungen der mittlern Intensität des Strömungsprocesses sind mit entsprechenden Aenderungen der mittlern Temperatur der strömenden und mit diesen in Verbindung stehenden incrustirten Massen verbunden. Eine Steigerung der lebendigen Kraft der Strömung ist mit einer Abnahme der Temperatur, und umgekehrt, verbunden. Diese Veränderungen müssen nothwendig gleichzeitig (resp. nur durch die Wärmeleitung der Kruste verzögert) stattfinden, da die eine Erscheinung nur ein anderer Ausdruck der zweiten ist.

Eine dritte Art endlich, in der sich uns die Existenz von gegenwärtig noch vorhandenen Gluthströmen im Innern der Erde bemerklich machen könnte, bestände darin, dass durch die vorhandenen Strömungen gesetzmässige Störungen des electrischen Gleichgewichtes erzeugt würden. Wenn alsdann hiebei die Richtung der etwa entstehenden electrischen Ströme gesetzmässig an die Strömungsrichtung der glühenden Flüssigkeit geknüpft wäre, so müssten an der Oberfläche magnetische Erscheinungen wahrnehmbar sein, die in

gesetzmässiger Weise mit der allgemeinen Form der strömenden Bewegung, folglich auch mit den durch die Rotation der Erde bedingten Puncten und Kreisen in Beziehung stehen.

5.

Fragt man nun, ob wir im Gebiete der uns physikalisch näher bekannten Processe Erscheinungen anzuführen vermögen, welche eine gesetzmässige Erregung electrischer Ströme durch Bewegungen von Flüssigkeiten anzunehmen gestatten, so kann diese Frage nicht nur bejaht, sondern sogar bestimmter dahin beantwortet werden, dass wir nach allen bis jetzt bekannten Thatsachen berechtigt sind, überall da, wo strömende Bewegungen leitender und chemisch zersetzbarer Flüssigkeiten stattfinden, die gleichzeitige Entstehung gesetzmässig mit jenen Bewegungen verbundener electrischer Ströme an zunehmen.

Die durch Beobachtungen festgestellten Thatsachen, auf Grund deren ich eine solche Annahme nicht nur für berechtigt, sondern sogar nach den Gesetzen der logischen Induction für nothwendig halte, sind die von Quincke im Jahre 1859 entdeckten und von ihm mit dem Namen „Diaphragmenströme" bezeichneten galvanischen Ströme und ihre Reciprocitätsphänomene.[1])

Die fundamentale Thatsache, welche für Quincke den Ausgangspunct seiner Untersuchungen bildet, spricht er mit folgenden Worten aus:

„Wenn reines Wasser durch einen porösen Körper strömt, so entsteht ein electrischer Strom. Diese Thatsache habe ich durch folgende Versuche gefunden und festgestellt."

Die Richtung dieser galvanischen Ströme hängt bei allen bis jetzt untersuchten Flüssigkeiten und deren Modificationen nur von der Richtung der strömenden Bewegung in der Flüssigkeit ab, wäh-

[1]) G. Quincke, „Ueber eine neue Art electrischer Ströme." Poggendorff's Annalen. Bd. CVII. S. 1 — 47. (1. Abhandlung.) Ebendaselbst Bd. CX S. 38 — 65. (2. Abhandlung.) Vgl. .Näheres über „Reibungsströme" in meinen „Wissenschaftlichen Abhandlungen" Bd. I. Thl. 2. S. 101.

rend ihre Intensität sehr bedeutend mit qualitativen Aenderungen der Flüssigkeit variirt.

Die Richtung der electrischen Ströme in der Flüssigkeit stimmt stets mit der Bewegungsrichtung der strömenden Massen überein, so dass die zur Ableitung und Beobachtung des Stromes in die Flüssigkeit eingelassenen Platinplatten sich so verhalten, als ob die von der Strömung zuerst getroffene Platte das Zink, die zuletzt getroffene das Platin einer Grove'schen Säule wären. Die electromotorische Kraft dieser Ströme ist eine sehr bedeutende, und ist z. B. bei Anwendung einer aus gewöhnlichem Quarzsande gebildeten porösen Scheidewand 6.2 Mal grösser als die electromotorische Kraft einer Daniell'schen Kette, so dass Quincke am Schlusse seiner zweiten Abhandlung auf den Gedanken kam, eine so bedeutende Electricitätsquelle practisch-nutzbar zu machen. Er bemerkt hierüber Folgendes:

„Ich habe schliesslich noch versucht, mit Benutzung der hiesigen Wasserleitung einen electrischen Strom herzustellen, da die grossen electromotorischen Kräfte hoffen liessen, Ströme von practischer Anwendbarkeit zu erhalten."

Die Versuche an einem passend eingerichteten Apparate zeigten jedoch bei einem Drucke von etwa $2^1/_2$ Atmosphären und einem stündlichen Verbrauche von 5 Cubikfuss Wasser nur schwache electrische Ströme, ein Resultat, welches sich Quincke theils durch den Salzgehalt des Wassers, theils durch die Anwesenheit von Eisenrost aus den Röhrenleitungen erklärt.

Die electromotorischen Kräfte scheinen nach den bisherigen Versuchen unabhängig von der Dicke und Oberfläche der porösen Scheidewände, dagegen proportional der die Strömung erzeugenden Druckdifferenz zu sein.

Die Ursache dieser Electricitätserregung ist bis jetzt noch nicht entscheidend auf die sonst bekannten Störungen des electrischen Gleichgewichtes zurückgeführt.

Ganz abgesehen von dem möglichen Zusammenhange dieser Art von Strömen mit den folgenden Erscheinungen, ist es für die vorliegenden Betrachtungen von grosser Wichtigkeit, dass sich sogar an einem gewöhnlichen Flusse das Ent-

stehen von galvanischen Strömen dadurch nachweisen lässt, dass von den beiden Endplatten eines Galvanometer-Drahtes, die eine in die schneller fliessende Mitte des Stromes, die andere mehr in der Nähe des Ufers in das Wasser getaucht wird.[1])

Es ist, wie gesagt, ganz gleichgültig, welche Ursachen man für das Entstehen dieser Ströme annimmt; es genügt für unsere Zwecke die Existenz derselben direct durch die Beobachtung nachweisen zu können. Es ist klar, dass diese Ströme auch dann noch stattfinden müssen, wenn man sich z. B. an Stelle der verschieden weit in den Strom reichenden Endplatten des Galvanometer-Drahtes zwei in den Strom hineinragende Felsen denkt, welche vermöge ihres Zusammenhanges durch den Erdboden in leitende Verbindung gesetzt sind.

6.

Wenn durch die oben angeführten Untersuchungen Quincke's das Entstehen galvanischer Ströme durch mechanische Fortführung von Flüssigkeitstheilchen constatirt ist, so sind die Versuche, welche umgekehrt die Erzeugung strömender Bewegungen in Flüssigkeiten durch Hindurchleiten galvanischer Ströme beweisen, unter dem Namen der „electrischen Endosmose" seit langer Zeit bekannt.

Indessen hatten die hierauf bezüglichen Versuche nur dann zu positiven Resultaten geführt, wenn durch poröse Scheidewände eine freie Bewegung der Flüssigkeit verhindert war. Dagegen war es bei Anwendung von Röhren, welche mit Flüssigkeiten gefüllt waren, beim Hindurchleiten eines galvanischen Stromes noch nicht gelungen, die Fortführung zu zeigen, obschon Wiedemann bei seinen Untersuchungen über diesen

[1]) *Adie, Philosophical Magazine T. XXXI. p. 353. 1847.*

„Two slips of zinc cut side by side from the same sheet were placed in a running brook, the one opposed to a rapid part of the current, the other in a still place at the edge, Connecting these in usual manner with the galvanometer, there was a permanent deflection of 25°; and on changing the respective places of the plates in the stream without disturbing their attachments to the galvanometer, the needles immediatly passed to the opposite side of the card; in both cases the piece of zinc in the current acted as a negative or platinode plate." (Dieser Versuch beruht auf anderen Ursachen als den oben vermutheten. Z.)

Gegenstand die porösen Wände nur als Systeme enger Röhren ansah, und die negativen Resultate auf die geringe Electricitätsmenge schrieb, welche durch die benutzten galvanischen Ströme durch die Flüssigkeit geführt wird.

Der Erste, welcher die Bildung eines continuirlichen Wasserstromes ohne poröse Wand unter dem Einflusse eines electrischen Stromes beobachtet hat, ist Armstrong[1]), der Erfinder der Dampf-Electrisirmaschine.

Er verband zwei mit Wasser gefüllte oben fein zugespitzte Gläser, die in einem Abstand von 0,4 Zoll von einander aufgestellt waren, durch einen feuchten Seidenfaden. Bei Verbindung des einen Glases mit dem negativ-electrischen Kessel, des andern mit der Erde, strömte zuerst das Wasser über den Faden hinweg in Gestalt einer Wassersäule in der Richtung des positiven Stromes, während bald der Seidenfaden in das mit der Erde verbundene Glas, also in entgegengesetzter Richtung hinübergezogen wurde. Dann blieb das Wasser einige Secunden, bei anderen Versuchen sogar einige Minuten in Gestalt eines Bogens zwischen beiden Gläsern ausgestreckt. In dieser Zeit konnte indessen keine Volumenänderung der Flüssigkeit in den Gläsern wahrgenommen werden. Wurden Staubtheilchen auf die Oberfläche des Wassers gestreut, so zeigten diese einen doppelten Strom in demselben an, einen äusseren vom positiven zum negativen Glase, einen inneren in umgekehrter Richtung.

Neuerdings hat Quincke diese interessante Thatsache in umfassender Weise durch sorgfältige und mannigfach modificirte Versuche nicht nur bestätigt, sondern auch bei Anwendung von galvanischen Säulen von sehr grosser electromotorischer Kraft in Capillarröhren hervorgerufen.[2])

Quincke bewies durch fein vertheilte Substanzen, welche in den bewegten Flüssigkeiten suspendirt waren, ganz allgemein die Existenz eines Doppelstromes.

[1]) Armstrong *Philos. Mag. Vol. XXIII. p. 99. 1843.* Pogg. Ann. Bd. LX. S. 355.

[2]) Quincke, Pogg. Ann. Bd. CXIII. S. 513. 1861.

Er brachte in die Flüssigkeit des Capillarrohres (von etwa 0.4^{mm} Durchmesser) Stärkekörnchen. Nachdem die Flüssigkeit das Rohr ganz erfüllt hatte, wurde durch Verbindung der eingeschmolzenen Platindrähte mit Conductor und Reibzeug einer Electrisirmaschine ein Strom durch das Wasser im Rohr geleitet. Durch ein Mikroskop mit 30facher Vergrösserung wurde bei langsamem Drehen der Scheibe eine Bewegung der Stärkekörnchen an der Röhrenwand im Sinne des positiven, in der Mitte des negativen electrischen Stromes beobachtet.[1])

Bei schnellerem Drehen, also stärkerer Intensität des electrischen Stromes, bewegen sich die mittleren Theile schneller in letzterem Sinne, und mit ihnen bewegen sich im gleichen Sinne auch die grösseren Theilchen an der Wand, während die kleineren noch in der Richtung des positiven Stromes fortschreiten. Endlich bei noch schnellerem Drehen wandern alle Stärketheilchen im Sinne des negativen electrischen Stromes fort.

Analog wirken auch (durch Unterbrechung der Schliessung durch eine Luftschicht) einseitig gerichtete Inductionsströme und constante galvanische Ströme. Beim Durchleiten der Batterieentladung durch die Röhre schreiten die Stärketheilchen erst ein wenig im Sinne des positiven Stromes fort, kehren dann plötzlich um, und fliessen schnell in der entgegengesetzten Richtung weiter.

Bei weiteren Röhren sind stärkere Stromintensitäten erforderlich, um alle Theilchen in demselben Sinne fortzutreiben; bei engeren Röhren tritt dies schon bei sehr schwachen Strömen ein.

Diese Thatsachen, welche man in ausführlicherer Weise in dem Werke Wiedemann's „die Lehre vom Galvanimus und Electromagnetismus" übersichtlich zusammengestellt findet, werden genügen, um die Annahme zu rechtfertigen, dass alle strömenden Bewegungen in Flüssigkeiten, besonders wenn dieselben theilweise mit starren Körpern in Berührung stehen, von electrischen Strömen begleitet sind, die sich nach den bisher

---

[1]) Quincke, Pogg. Ann. Bd. CXIII. S. 513. 1861.

vorliegenden Thatsachen vorzugsweise in der Richtung der strömenden Flüssigkeit entwickeln.

7.

Ueberträgt man diese Thatsachen durch Analogie auf die oben betrachteten Ströme des glühend-flüssigen Erdinnern und vergegenwärtigt sich die Richtung der Oberströme, welche wie die der oberen Passate für die nördliche Halbkugel eine südlich-westliche ist, so werden die galvanischen Ströme in der Erdkruste in entgegengesetzter Richtung fliessen, also in nördlich-östlicher. Die Ungleichheiten an der Innenseite der Incrustations-Rinde, welche durch die Gluthströme fortdauernd bespült werden, müssen wir uns ähnlich den Felsblöcken denken, welche auf dem Grunde des Meeres oder mächtiger Ströme durch die bewegten Wassermassen stets in einem Sinne beeinflusst werden. Die felsenartigen Ungleichheiten würden dieselbe Rolle spielen, wie bei dem obigen Versuche von Quincke die in die strömende Wassermasse eingesenkten Platinbleche. Die von der Strömung zuerst getroffene Platte (der westlich gelegene Vorsprung) verhielt sich stets wie das Zink, die zuletzt getroffene Platte (der östlich gelegene Vorsprung) wie das Platin einer Grove'schen Kette. Folglich wird der Draht (die feste Erd- oder Felsschicht), welche die beiden Platinplatten (die beiden Vorsprünge) leitend verbindet, von einem galvanischen Strome in entgegengesetzter Richtung (von Ost nach West) durchflossen.

Es ist bekannt, dass die Annahme so gerichteter Ströme genügt, um die allgemeinsten Erscheinungen des Erdmagnetismus zu erklären. Gleichzeitig wird aber die Ursache, welche ihn erzeugt, in beträchtliche Tiefen unter die von uns bewohnte Erdoberfläche verlegt, ein Umstand, der mit Rücksicht auf die Theorie von Gauss sehr bemerkenswerth ist. Lamont, der sich um die nähere Erkenntniss des Erdmagnetismus so grosse Verdienste erworben hat, und dem unter den jetzt lebenden Forschern auf diesem Gebiete wahrscheinlich das competenteste Urtheil zusteht, drückt sich über jene von Gauss hervorgehobene Beziehung folgendermassen aus:

„Indessen hat Gauss (und das ist unzweifelhaft der merkwürdigste Theil seiner Theorie) einen Umstand hervorgehoben, der für die künftige Forschung von grosser Wichtigkeit werden muss, insoferne daraus unter gewissen Bedingungen gefolgert werden kann, ob der Sitz der magnetischen Kraft über uns in der Atmosphäre, oder unter uns im Innern der Erde, oder auf der Oberfläche selbst zu suchen ist."

„Die hieraus folgenden Regeln, auf die Gauss'schen Formeln angewendet, deuten an, dass der Erdmagnetismus, wenn nicht ganz, doch dem Haupttheile nach unter der Erdoberfläche sich befinde."[1])

Es folgt ferner aus der oben begründeten Voraussetzung über die physische Ursache des Erdmagnetismus, dass alle Umstände und Ursachen, welche die Richtung und Intensität der inneren Gluthströme modificiren, auch eine Modification der Richtung und Intensität des Erdmagnetismus hervorrufen müssen.

Derartige Ursachen sind aber bei der zu Grunde gelegten Annahme nicht nur möglich, sondern sogar nothwendig. In der That, wenn die Strömungen des glühend-flüssigen Erdinnern die von ihnen bespülte innere Seite der festen Erdkruste in ähnlicher Weise verändern, wie die Strömungen des Wassers und der Luft die äussere und von uns bewohnte Seite derselben, so müssen sich auch im Innern sowohl durch Ab- als Anspülungen allmälig die Flussbetten und daher auch Richtung und Intensität der strömenden Massen verändern.

Ich glaube diese stetigen Aenderungen beobachten wir an den sogenannten säcularen Variationen des Erdmagnetismus.

Ueber die bisherigen Versuche, diese Säcular-Aenderungen zu erklären, drückt sich Lamont a. a. O. folgendermassen aus:

„Wenn es mancherlei Schwierigkeiten hat, die einzelnen Eigenthümlichkeiten, die wir bisher, mit Beziehung auf die Begründung einer Theorie des Erdmagnetismus, angeführt haben, zu vereinbaren und eine annehmbare Vorstellung daraus zu bilden, so zeigt sich dies als völlig unmöglich, sobald man noch

[1]) Lamont, Astronomie und Erdmagnetismus. Stuttgart 1851. p. 260 ff.

die fernere aus der Beobachtung hervorgegangene Thatsache hinzufügt, dass die Vertheilung des Erdmagnetismus von Jahr zu Jahr sehr merklich sich ändert und zwar nicht etwa sprungweise, sondern in stetiger Bewegung." . . .

„Um diese Säcular-Aenderungen zu erklären, haben Einige von einem allmäligen Starrwerden einzelner Theile des Erdkernes, wodurch der Magnetismus sich verschieden gestalte, Andere von einem unsichtbaren magnetischen Planeten gesprochen, der um die Erde in 700 Jahren herumgehe. Man begreift leicht, dass mit Hypothesen, die weder in der Analogie noch in sonstigen Phänomenen ihre Stütze haben, Nichts gewonnen ist, und es wird für jetzt jedenfalls am Besten sein, gleich einzugestehen, dass wir über den Grund dieser räthselhaften Erscheinung auch gar keine annehmbare Vermuthung aufstellen können."

Man sieht hieraus, dass gerade diejenige Erscheinung, welche für alle bisher aufgestellten Erklärungen das schwierigste Problem bildete, vom Standpuncte der oben gemachten Annahmen sich gleichsam von selber ergiebt.

Wenn die allgemeine Richtung der glühend-flüssigen Ströme, wie bereits angeführt, mit den durch die Stellung der Magnetnadel geforderten Verhältnissen übereinstimmt[1]), so ergeben sich doch für die besonderen Verhältnisse, durch welche locale Abweichungen der Ströme und ihrer Fluthbetten bedingt sein können, ebenfalls gewisse physikalische Folgerungen aus meiner Theorie, welche jetzt näher betrachtet werden sollen.

Zunächst ist klar, dass die Configuration und Beschaffenheit der uns zugänglichen äusseren Erdoberfläche, wenn auch vielleicht inerhalb weiter Grenzen, in einem gewissen Zusammenhange mit der Beschaffenheit der inneren Oberfläche der Incrustationsschale unseres Planeten steht.

Aehnlich wie die Eisdecke eines See's oder Meeres, welche sich unter mannigfachen Bewegungen und Strömungen des

[1]) Betrachtet man die Lage der isoklinischen Linien, oder diejenigen von gleicher Horizontal-Intensität, oder endlich die Linien gleichen magnetischen Potentials, so tragen sämmtliche bezüglich ihrer Richtung den Charakter stark westlich abgelenkter Aequatorialströme im Meere oder der Atmosphäre an sich.

Wassers geschlossen hat, an ihrer äusseren Seite durch vielfältige Unebenheiten charakterisirt ist, die zum Theil mit entsprechenden Ungleichheiten auf der inneren vom Wasser bespülten Seite correspondiren, ebenso wird dies auch bei der äusseren und inneren Oberfläche der Erdrinde sein können. Da, wo mächtige Gebirgsmassen schweren Gesteines an der äusseren Oberfläche zu Tage treten, werden vermuthlich im Innern ebenfalls Hervorragungen vorhanden sein, die durch ihr tiefes Eintauchen in die Gluthmassen deren Strömungen beeinflussen, wie die Gebirge auf dem Grunde des Meeres oder der Atmosphäre die Strömungen der letzteren.

8.

Sind diese Anschauungen in den Verhältnissen der Natur begründet, und besitzt die Incrustationsrinde unseres Planeten gegenwärtig noch nicht eine so grosse Dicke, dass derartige Beziehungen verschwinden, so müssen wir erwarten, dass die Lage und Configuration mächtiger Gebirgsstöcke in analoger Weise die Stellung der Magnetnadel beeinflussen, wie diejenige des Pendels.

Nachdem Lamont der unterirdischen Versuche von Reich in Freiberg gedacht[1]), und seine eigenen auf hohen Bergen angestellten magnetischen Beobachtungen kurz erwähnt hat, bemerkt er hinsichtlich der obigen Frage Folgendes:

„Bei dieser Gelegenheit bemerke ich noch, dass ich den von Kreil zuerst beobachteten höchst merkwürdigen Einfluss der Tyroler Alpen auf die Richtung der Magnetnadel durch einzelne Messungen bestätigt gefunden habe."

Es dürfte daher von Interesse sein, an Orten mit sogenannter Localabweichung des Pendels die magnetischen Constanten genau zu bestimmen, um hieraus auf einen möglichen Zusammenhang beider Phänomene schliessen zu können. Allein derartige Einflüsse von Gebirgsketten könnten vielleicht auch durch die Annahme mineral-magnetischer Bestandtheile derselben erklärt werden. Dagegen ist eine erst ganz vor Kurzem

[1]) Reich, Ueber electrische Strömungen auf Erzgängen. Poggendorff's Annalen XLVIII. 1839.

erschienene Abhandlung von Menzzer „Ueber den Zusammenhang der Configuration des festen Landes und der Lage der magnetischen Pole der Erde“ für die vorliegenden Frage um so bemerkenswerther.

Diese Abhandlung befindet sich in Poggendorff's Annalen Ergänzungsband V S. 592 und ist datirt aus Halberstadt vom 3. November 1870. Das betreffende Heft der Annalen wurde Anfang August 1871 ausgegeben und kam am 5. August in meine Hände.

Wie leicht begreiflich, mussten einige darin gemachten Andeutungen so wie die erlangten Resultate mit Rücksicht auf die bereits in der Sitzung am 25. Juli vorgetragenen Anschauungen für mich von grösstem Interesse sein. In der That könnte man sogar aus einigen ganz unbestimmten Andeutungen den Schluss ziehen, dass Hr. Dr. Menzzer zu ganz ähnlichen Vorstellungen wie die oben entwickelten über den Ursprung des Erdmagnetismus geführt worden sei.

So befindet sich z. B. gleich am Eingange der Untersuchungen (S. 592 u. 593) zur Begründung der mathematischen Ableitung der betreffenden Formeln die folgende Stelle:

„Dass die von Osten nach Westen um die Erde kreisenden positiven Ströme die magnetische Polarität der Erde in der That bedingen, und worin diese Ströme ihren Grund haben, lässt sich zwar aus der Rotation der Erde ableiten, es ist aber in dem Vorliegenden nicht meine Absicht, diese Ableitung vorzutragen, vielmehr möchte ich hier nur zeigen, wie sich aus jenen Erdströmen die Lage der magnetischen Pole der Erde herleiten lasse.

Wenn die Erde allseitig von einer gleichförmigen festen Decke umgeben wäre, so würden jene mit der Rotation zusammenhängenden Erdströme überall genau[1]) von Osten nach Westen rings um die Erde verlaufen, und das Resultat würde sein, dass die magnetischen Pole der Erde mit der geographischen genau zusammenfielen. Dies ist annähernd mit demjenigen Theile der festen Erdrinde der Fall, welcher von unten her etwa bis zur mittleren Meerestiefe reicht. Der höher

[1]) Diese Eigenschaft würde allerdings nach der oben entwickelten Ursache den Erdströmen nicht zukommen können, da ihre Richtung stets nur die Resultante einer polaren und westlichen Componente sein kann.

gelegene Theil der Erdoberfläche besteht aber aus Wasser und Festland, und dieser Umstand modificirt jene Erdströme näher in der Weise, dass dieselbe Tendenz, welche in dem starren Theile der Oberfläche als jene Erdströme auftrtitt, in dem flüssigen Theile eine wirkliche ortsverändernde Rückströmung der Gewässer bewirkt.

In diesem differenten Auftreten jener rückläufigen Tendenz liegt nun der Grund, dass die magnetischen Pole der Erde gegen die geographischen verschoben werden, und es muss — wenn dieser hier vorläufig nur unter der Form einer blossen Behauptung auszusprechende Zusammenhang wahr ist — möglich sein, die Lage der magnetischen Pole aus der Configuration des Festlandes zu berechnen."

Es scheint mir aus dieser unbestimmten Bezeichnung jener „rückläufigen Tendenz" hervorzugehen, dass dem Verfasser die oben erörterten Beziehungen zwischen electrischen und Flüssigkeitsströmen nicht bekannt waren. Wie dem auch sein mag, die Thatsache bleibt wenigstens qualitativ richtig, ohne mir hierbei ein Urtheil darüber zu erlauben, ob die quantitativen Verhältnisse zur Erklärung der fraglichen Verhältnisse ausreichend sind.

Jedenfalls ist das Resultat, zu welchem die numerische Berechnung der entwickelten Formeln führt, durch die sehr genaue Uebereinstimmung mit den Beobachtungen Hansteen's merkwürdig.[1])

Am Schlusse seiner Arbeit spricht der Verfasser die Vermuthung aus, dass durch allmälige Hebungen und Senkungen der Continente auch eine Veränderung in der Lage der magnetischen Pole und auf diese Weise säculare Aenderungen der magnetischen Constanten eintreten würden. Nach meiner Theorie würde vorzugsweise die Temperaturvertheilung in der Erdrinde bei hinreichend ausgesprochener Verschiedenheit von

[1]) Hansteen findet aus seinen Beobachtungen die Lage des magnetischen Nordpols wie folgt:

Oestl. Länge von Ferro: 290° 21′
Breite: 69° 30′

Die Rechnungen Menzzer's geben Länge: 289° 37′ 28″.5
Breite: 69° 11′ 53″.8.

Einfluss auf die Strömungen des glühendflüssigen Innern sein. An Stellen bedeutender Temperaturerniedrigung von aussen würde auch im Innern eine schnellere Abkühlung der die Erdkruste berührenden Flüssigkeit stattfinden und demgemäss an solchen Stellen die Tendenz zur Bildung absteigender Strömungen vorhanden sein. Einer derartigen Temperaturerniedrigung verdanken auch schon bei einer sehr frühen Entwickelungsphase die Kältepole ihr Entstehen. In meiner Abhandlung über das Rotationsgesetz der Sonne habe ich gezeigt, dass die Temperaturvertheilung an der Sonnenoberfläche, wie sie von Secchi beobachtet wurde, sehr einfach aus einer thermischen Reaction der atmosphärischen Strömungen auf die glühende Oberfläche abgeleitet werden kann. Da aber diese Temperaturvertheilung jederzeit so beschaffen ist, dass sie für sich allein diejenigen Strömungen erzeugen würde, durch welche sie entstanden ist, so können irgend welche Unregelmässigkeiten, welche bei der frühesten Entwickelung jener Ströme die Lage der ältesten Stellen beeinflusst haben, sich beim Fortschreiten des Abkühlungsprocesses steigern, und so die Lage jener primitiven Kältepole dauernd fixiren. Man sieht hieraus, dass im Allgemeinen diese Pole nicht genau mit den Polen der Rotation zusammenfallen können, bei der Sonne ebensowenig wie bei der Erde. Hieraus folgt alsdann, dass an diesen Stellen die absteigenden Ströme überwiegen werden, wodurch sich Strömungs-Pole bilden, die denen der electrischen Ströme entsprechen müssen.

Man sieht also, dass auch von diesem Standpuncte aus den permanenten Temperaturunterschieden an der Erdoberfläche bei genügender Grösse ein gewisser Einfluss auf die inneren Ströme und folglich auch auf den Erdmagnetismus nicht abzusprechen ist. Solche Unterschiede könnten sehr wohl durch die Bedeckung oder Entblössung der Erdoberfläche von Wasser und Eis erzeugt werden, und hierdurch der Configuration der Continente ein gewisser Einfluss auf den Erdmagnetismus gewahrt bleiben.[1])

[1]) Lenz, Untersuchung einer unregelmässigen Vertheilung des Erdmagnetismus im nördlichen Theil des finnischen Meerbusens. *Mém. de St. Pétersbourg V. 3. p. 1 — 38.*

9.

Viel wichtiger jedoch als die bisher angeführten Thatsachen ist die Leichtigkeit, mit welcher sich vom Standpuncte meiner Theorie das Entstehen der sogenannten magnetischen Störungen und ihr Zusammenhang mit vulkanischen Processen erklären lässt.

In der That, jede plötzliche Aenderung der Stromgeschwindigkeit, mag sie durch Losreissen und Herabstürzen von Theilen der inneren Erdkruste, oder durch einen vulkanischen Ausbruch, oder endlich durch die secundär hierdurch bedingten Erderschütterungen hervorgerufen sein, — alle diese plötzlichen mechanischen Aenderungen müssen nothwendig eine wellenartige Störung im gleichmässigen Verlauf der glühendflüssigen Ströme im Erdinnern hervorrufen und eine analoge Störung in der Stellung der Magnetnadel bewirken. Hier mögen wiederum zunächst einige Stellen aus dem oben citirten Werke Lamont's folgen, welche sich direct auf die hier berührten Erscheinungen beziehen. Bezüglich des Charakters der magnetischen Störungen wird unter Anderem Folgendes bemerkt:

„Wenn eine grosse Störung eintritt, so wird bei der Declination eigentlich nur ein Schwingen um die Mittelrichtung hervorgebracht, und die mittlere Declination der Störungstage weicht von dem sonstigen Mittelstande nicht ab. Anders verhält es sich mit den übrigen magnetischen Elementen: jede grosse Störung hat eine Verminderung der Horizontal-Intensität und eine Vergrösserung der Inclination zur Folge, und gewöhnlich dauert es mehrere Tage, bis der mittlere Stand wieder zurückkehrt. Damit steht auch der oft schon wahrgenommene Umstand im Zusammenhang dass eine Störung von grossem Betrage noch an den folgenden Tagen, aber immer früher eintretend und, immer an Kraft abnehmend, sich wiederholt."

Man denke sich, dass ein bedeutender Felsblock von den Gluthströmen unter unseren Füssen zu einer bestimmten Tageszeit losgerissen wird und durch sein plötzliches Einsinken und pendelartiges Auf- und Niedertauchen die Strömung der glü-

henden Flüssigkeit durch wellenartige Bewegungen stört. Die Fortpflanzung derartiger Wellenbewegungen und ihre mit abnehmender Stärke periodische Wiederkehr könnte vielleicht die Ursache des oben erwähnten Vorgangs sein.

Auch die oben hervorgehobene charakteristische Eigenschaft aller grossen Störungen, nämlich die Verminderung der Horizontal-Intensität und die Vergrösserung der Inclination lässt sich, wie mir scheint, durch die entwickelten Anschauungen leicht erklären.

Man denke sich zu diesem Zwecke die Oberfläche einer Kugel den Parallelkreisen entsprechend mit isolirten Drahtwindungen belegt. Durch jede Windung werde vermittelst eines besondern galvanischen Elementes ein Strom nach gleicher Richtung wie in den übrigen Windungen geleitet. Diese Kugel stellt dann die von galvanischen Strömen umflossene Erde dar und eine an der Oberfläche angebrachte Magnetnadel wird bezüglich ihrer Richtung die analogen Erscheinungen wie eine Magnetnadel an der Erdoberfläche darbieten. Nimmt man nun an, es fände in irgend einer jener parallelen Drahtwindungen eine Schwankung des galvanischen Stromes statt, so wird die Lage der Nadel in einem solchen Sinne beeinflusst werden müssen, wie ihn jene Drahtwindung, in welcher die Stromschwankung erzeugt wird, für sich allein, bei Abwesenheit aller übrigen Ströme, bedingen würde. Gesetzt, die betreffende Drahtwindung gehe gerade unter der frei beweglichen Magnetnadel hinweg und der Strom würde verstärkt. Alsdann sieht man sofort, dass die Inclination vergrössert, die Horizontalintensität vermindert werden müsste. Der Sinn dieses Einflusses wird derselbe bleiben bei allen Stromverstärkungen, welche in Windungen stattfinden, deren Abstand vom Aequator kleiner als derjenige der Nadel ist, d. h. also auf der Erde eine geringere geographische Breite haben. Dagegen müsste eine Stromschwankung in höherer Breite als die Nadel in einer Verminderung der Stromstärke bestehen, wenn die Lage der Nadel im gleichem Sinne wie vorher beeinflusst werden sollte.

Wenn daher für die Beobachtungen in mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre die oben von Lamont ausge-

sprochene Regel als eine durchschnittlich richtige betrachtet werden kann, so würde nach der entwickelten Theorie diese Erscheinung darauf schliessen lassen, dass, wenn die Ursache einer magnetischen Störung in höherer Breite als die Nadel stattfindet, dieselbe in einer Verzögerung, dagegen in geringerer Breite in einer Beschleunigung der unterirdischen Gluthströme bestehen müsse.

10.

Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme wird bedeutend gesteigert, wenn man sich die relativen Stromgeschwindigkeiten in verschiedenen geographischen Breiten der Theorie gemäss entwickelt.

Da wir es hier unseren Anschauungen gemäss mit dem äquatorialen Oberstrom einer glühenden Flüssigkeit zu thun haben, welche durch die Rotation der Erde und durch die Reibung an der Innenseite der Incrustationsrinde in ihren Bewegungen beeinflusst und nach Analogie der oberen Passate westlich abgelenkt wird, so sind hier auch *mutatis mutandis* die theoretischen Betrachtungen anwendbar, welche ich früher zur Ableitung des Rotationsgesetzes der Sonne angestellt hatte.[1]) Es stimmen sogar im vorliegenden Falle die Bedingungen des Problems insofern noch besser mit der Wirklichkeit überein, als wir es hier in der That mit einer festen und starren Oberfläche zu thun haben, welche durch ihre Reibung die Strömungen der Flüssigkeit beeinflusst.

Bezeichnet man daher den Verlust an Geschwindigkeit, welchen ein Flüssigkeitselement beim Uebergang von der Breite φ in die Breite $\varphi + d\varphi$, vermöge der Reibung an der concaven Fläche der kugelförmigen Incrustationsrinde, erleidet mit dv und setzt diesen Verlust, wie früher den Zuwachs, proportional den folgenden drei Grössen:

1. der Geschwindigkeitsdifferenz zweier Puncte an der concaven Kugelfläche, deren Breitendifferenz gleich $d\varphi$ ist,
2. der Grösse der Reibungsfläche der Masseneinheit,

[1]) Berichte der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften Sitzung der mathem.-phys. Classe 11. Febr. 1871. (Vgl. oben S. 114 ff.)

3. dem Reibungscoëfficienten a zwischen der Flüssigkeit und der festen Rinde,

so hat man ganz analog den a. a. O. S. 115 ff. ausgeführten Entwickelungen für den Geschwindigkeitsverlust dv beim Uebergang eines Flüssigkeitstheilchens von niederer in höhere Breite:

$$dv = Aar_1 \sin\varphi \cos\varphi \, d\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Hierin bedeutet A eine von der Beschaffenheit der Körper abhängige Constante und r_1 die Lineargeschwindigkeit eines Punctes am Aequator der festen Kugelschale.

Demgemäss ist die Geschwindigkeit, welche ein Theilchen beim Uebergange vom Aequator in die Breite φ verliert:

$$Aar_1 \int_o^{\varphi} \sin\varphi \cos\varphi \, d\varphi$$

Folglich ist die noch übrigbleibende Geschwindigkeitscomponente v_i, wenn man die ursprüngliche Geschwindigkeit des Theilchens gleich r_1 setzt, d. h. übereinstimmend mit derjenigen eines Aequatorialpunctes auf der festen Rinde:

$$v_i = r_1 - \frac{Aar_1}{2} \sin^2\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Die Lineargeschwindigkeit v_e eines Theilchens der festen Erdrinde ist aber unter den gemachten Voraussetzungen:

$$v_e = r_1 \cos\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Setzt man:

$$\frac{Aa}{2} = p$$

und subtrahirt die beiden letzten Gleichungen von einander, so erhält man:

$$v_i - v_e = r_1 [1. - (\cos\varphi + p \sin^2\varphi)] \quad . \quad . \quad (4)$$

Dieser Ausdruck spricht das Gesetz aus, nach welchem sich die Differenz der linearen Geschwindigkeiten der inneren Gluthströme (v_i) und der festen Incrustationsrinde (v_e) mit der Breite φ ändert. Diese Differenz ist aber offenbar nichts anderes als die Stromgeschwindigkeit der glühenden Flüssigkeit gegenüber der festen Erdrinde.

Man überzeugt sich leicht, dass die Constante p stets einen mittlern Werth besitzen muss, welcher beträchtlich

kleiner als Eins ist, so dass der obige Ausdruck, abgesehen von Specialfällen, im Allgemeinen mit zunehmender Breite wächst und an den Polen ein Maximum erreicht.

Da aber nach der entwickelten Theorie die magnetischen Erscheinungen an der Erdoberfläche nichts anderes als Wirkungen jener strömenden Bewegungen des glühend-flüssigen Erdinnern sind, so werden auch die magnetischen Erscheinungen mit zunehmender Breite an Intensität wachsen müssen. Hieraus folgt nun auch, mit Rücksicht auf die oben von Lamont charakterisirten Eigenthümlichkeiten der Störungen, dass diese in höheren Breiten viel intensiver sein müssen und im Allgemeinen nur in einer Verminderung der Stromintensität bestehen können, wie dies oben zur Erklärung der Verminderung der Horizontalintensität und Vergrösserung der Inclination vorausgesetzt wurde.

Die mit wachsender geographischer Breite zunehmende Stärke der magnetischen Störungen spricht Lamont a. a. O. (S. 271) direct mit folgenden Worten aus:

„Die Grösse der Bewegungen nimmt allmälig zu vom Aequator gegen den Nord- und Südpol hin; in der Aequatorialzone selbst trifft man nur geringe Bewegungen an."

Eine fernere Bemerkung über die Grösse der Bewegungen der Magnetnadel bei den Störungen findet sich auf der folgenden Seite:

„Ich habe selbst Aenderungen der Declination von 10 Bogen-Minuten in einer Minute Zeit gesehen. In unsern Gegenden kommt jedoch eine so rasche Bewegung ausserordentlich selten vor. In den Polar-Regionen dagegen ist es oft der Fall, dass die Bewegung der Instrumente nicht mehr genau beobachtet werden kann. Bravais und seine Gefährten bei der Nord-Expedition 1838—39 haben wiederholt hiervon sich zu überzeugen Gelegenheit gehabt. Schon in Petersburg und Sitka sind sehr rasche Bewegungen nicht selten.

11.

Dass der Eintritt irgend einer Störung an allen Puncten der Erdoberfläche gleichzeitig wahrgenommen werden muss,

ist leicht ersichtlich, sobald man sich vergegenwärtigt, dass die Einwirkung der Erde auf die Magnetnadel eine Resultante der magnetischen Gesammtwirkung der Erde ist. Jede Veränderung irgend einer Componente muss sich daher nothwendig für unsere Beobachtungen auch als eine Veränderung jener Resultanten bemerklich machen.

Anders verhält es sich jedoch mit der Stärke und Beschaffenheit einer magnetischen Störung. Es ist klar, dass die Stärke einer solchen an demjenigen Puncte der Erdoberfläche am intensivsten sich äussern muss, welcher dem Sitze der Ursache am nächsten ist. Nach unserer Theorie würde eine solche Ursache in dem Losreissen oder der Anschwemmung eines unterirdischen Felsblockes bestehen, welcher dadurch die Geschwindigkeit der Gluthströme an dem betreffenden Puncte modificirt und so gleichzeitig eine Modification der davon abhängigen galvanischen Wirkung auf die Magnetnadel hervorbringt.

Vergegenwärtigt man sich die Bewegungen, welche nach den Gesetzen der Hydrodynamik und den unmittelbar unter analogen Verhältnissen angestellten Beobachtungen an Flüssigkeiten wahrgenommen werden können, so ist es leicht, sich vom Standpuncte unserer Theorie im Allgemeinen von dem Fortschreiten dieser Bewegungen Rechenschaft zu geben.

Nehmen wir z. B. an, es löste sich von der inneren Incrustationsrinde der Erde gerade unter unserem Standpuncte ein Felsblock los, so würde derselbe, dem Gesetze der Schwere folgend, zunächst in die glühende Flüssigkeit sinken, um dann, je nach der Grösse des specifischen Gewichtes, entweder wieder emporzutauchen oder in grössere Tiefen des glühend-flüssigen Innern hinabzusinken und sich dort unter der Einwirkung höherer Temperaturen wieder aufzulösen.

In beiden Fällen wird das plötzlich gestörte hydrostatische Gleichgewicht sich in Form einer Wellenbewegung wieder herstellen, welche von dem Orte, wo das Hinabstürzen des Felsblockes stattfand, sich nach allen Richtungen mit der der Flüssigkeit eigenthümlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit fortbewegt; analog den Wellenkreisen, welche auf einer ruhigen

Wasseroberfläche von der Stelle ausgehen, an welcher ein Stein in's Wasser gefallen ist.

Es ist aber klar, dass sowohl die Geschwindigkeit des Fortschreitens als auch die Form oder Gestalt der Wellen wesentlich modificirt werden muss, wenn die Flüssigkeit keine ruhende, sondern eine nach bestimmter Richtung gleichförmig fliessende ist.

In der zur Strömung senkrechten Richtung werden sich die Wellen mit der dem Medium eigenthümlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit weiter bewegen, parallel der Strömung, dagegen schneller in der Richtung derselben als nach der entgegengesetzten. Gleichzeitig wird aber auch die Gestalt der Wellen auf der nach der Stromrichtung gelegenen Seite des Wellencentrums eine gestrecktere oder länger ausgedehnte als nach der andern Richtung sein. Die Höhe der Wellen wird durch die Begrenzung der Flüssigkeitsoberfläche bedingt sein, so dass da, wo dieselbe durch jene Begrenzung mehr eingeengt ist, die Höhe der Wellenberge wächst, im entgegengesetzten Falle dagegen abnimmt.

Uebertragen wir diese einfachen Gesetze der Hydromechanik *mutatis mutandis* auf die glühende Flüssigkeit im Innern unserer Erde, so ist sofort ersichtlich, dass die durch einen losgelösten Felsblock in der oben geschilderten Weise entstandene Welle in der Richtung des betreffenden Parallelkreises andere Modificationen als in der Richtung des Meridians erleiden muss. In der ersteren Richtung wird die Welle, gleichsam wie in einem kreisformigen Canal, zu beiden Seiten der Erregungstelle fortschreiten und an der etwa 180° gegenüberliegenden Stelle die entgegengesetzte Phase von derjenigen erzeugen (also unter den hier angenommenen Verhältnissen einen Wellenberg), durch welche die Welle entstand. Da aber ein Wellenberg in der glühenden Flüssigkeit nothwendig den Druck gegen die sie von oben überbrückende Erdrinde verstärken und so die Friction der von Westen nach Osten strömenden Gluthmasse steigern wird, so ist klar, dass damit parallel der fortschreitenden Welle eine Schwankung der magnetischen Constanten verknüpft sein muss. Es ist ferner klar, dass die Richtung des Fortschreitens einer Flüssigkeits-

welle bezüglich ihrer electromotorischen Wirkung vollkommen von der Richtung der Strömung, welche gleichzeitig das Fortschreiten und die Form der Welle beeinflusst, getrennt werden muss. Der mechanische Process, von welchem nach den bisher entwickelten Anschauungen die Erregung electrischer Ströme abhängt, besteht in einer relativen und in der ganzen Masse stets gleichgerichteten Verschiebung paralleler Flüssigkeitsfäden. Durch die Untersuchungen der Gebrüder Weber ist indessen direct bewiesen, dass bei der Wellenbewegung tropfbar-flüssiger Körper die Elemente mehr oder weniger geschlossene Bahnen von verhältnissmässig kleinen Krümmungsradien beschreiben. Ein in der angenommenen Weise erregter Wellenberg der glühenden Flüssigkeit kann daher auch, gleichgültig nach welcher Richtung er fortschreitet, nur eine Vergrösserung des hydrostatischen Druckes erzeugen. Demgemäss können alle Wirkungen, welche durch eine Veränderung der Stromgeschwindigkeit der glühenden Flüssigkeit hervorgerufen werden, also z. B. die galvanischen Wirkungen auf die Magnetnadel, durch eine solche Welle nur verstärkt werden, indem dieselbe den hydrostatischen Druck vergrössert, mit welchem nach den oben angeführten Versuchen von Quincke die Intensität die Diaphragmenströme wächst.

Lamont hebt es nun in der That als einen Erfahrungssatz hervor, dass die Ursachen, welche eine tägliche Periode in den Veränderungen der magnetischen Constanten erzeugen, in der Regel bei den Störungen nur verstärkt werden, so dass die Letzteren gleichsam als eine Steigerung derjenigen Ursachen betrachtet werden können, welche die täglichen Schwankungen erzeugen. Die Worte Lamont's hierüber lauten a. a. O. (S. 271) folgendermaassen:

„Jede Tageszeit hat demnach ihre vorherrschende Störungsweise, und zwar stellen sich in der Regel die Störungen nur als eine Verstärkung der täglichen Bewegung dar. So finden wir, dass, wenn die Declination in ihrer westlichen Bewegung begriffen ist, sie durch die störende Kraft einen Impuls nach Westen, und wenn sie in östlicher Bewegung ist, einen Impuls nach Osten erhält."

Ebenso entsprechend den obigen Folgerungen meiner Theorie scheinen mir mit Berücksichtigung des Einflusses der Tageszeit auf die Störungen die folgenden Bemerkungen Lamont's (S. 274):

„Stellt man die gleichzeitigen Beobachtungen von Petersburg, Katherinenburg, Barnaul, Nertschinsk, Sitka, Makerstoun, die sämmtlich in der Nähe der Parallele von 55° sich befinden, neben einander, so findet man, dass, wenn in Petersburg eine grosse Störung eintritt, wie es häufig der Fall ist, in Katherinenburg die Nadel nach derselben Richtung sich bewegt, aber einen weit kleineren Weg zurücklegt; in Barnaul und Nertschinsk geht zwar die Bewegung noch immer in gleichem Sinne, nähert sich aber schon dem Verschwinden; weiter östlich verschwindet sie wahrscheinlich gänzlich, um in Sitka wieder aufzutauchen, aber in entgegengesetztem Sinne; endlich zeigt sich in Makerstoun die Störung wieder in der ursprünglichen Gestalt, nur weniger intensiv als in Petersburg.

Fast alle grösseren Störungen offenbaren sich ganz in der hier beschriebenen Weise, und ich halte es für höchst wahrscheinlich, dass es nicht verschiedene Störungsquellen gebe, sondern alle Störungen dieselbe Entstehungsweise und denselben Verlauf haben, wobei sie jedoch, wie oben bereits angegeben ist, durch die Tageszeit modificirt werden."

Noch charakteristischer tritt die Uebereinstimmung der oben aus der Theorie gefolgerten Beziehungen der Störungen in demselben Parallelkreise in den folgenden Worten Müller's hervor:[1])

„Für verschiedene Orte, welche nahezu gleiche geographische Breite, aber verschiedene Länge haben, zeigt sich gleichfalls ein Zusammenhang in den Störungen, aber in anderer Weise. Wenn zu irgend einer Zeit an einem bestimmten Orte eine besonders starke Störungsschwankung stattfindet, so wird sie nach Ost und nach West hin in gleicher Richtung, aber mit abnehmender Stärke auftreten; 90° öst-

[1]) Kosmische Physik. 3. Auflage. 1872. S. 761.

lich und 90° westlich von dem Orte, wo die Schwankung im Maximum auftritt, wird in demselben Momente gar keine oder nur eine unbedeutende Schwankung beobachtet, auf der andern Hälfte des Parallels aber haben die gleichzeitigen Störungsschwankungen eine entgegengesetzte Richtung, und zwar zeigt sich ein östliches Maximum 180° von dem Puncte entfernt, wo gerade das westliche Maximum auftritt."

12.

In ebenso befriedigender Weise, wie sich die Modificationen einer magnetischen Störung in der Richtung eines Parallelkreises in ihren wesentlichen Grundzügen aus der entwickelten Theorie ableiten lassen, ist dies auch mit den Modificationen in der Richtung des Meridians der Fall.

Berücksichtigt man, dass beim Fortschreiten einer Welle nach den Polen das Fluthbett nothwendig eingeengt wird, und dass nach dem Obigen die Stromgeschwindigkeit mit wachsender Entfernung vom Aequator zunimmt, so ist klar, dass durch den ersten Umstand die Höhe einer nach den Polen fortschreitenden Welle wachsen muss, ähnlich wie die Fluthhöhe des Meeres durch gleiche Ursachen an der Erdoberfläche vergrössert wird. Durch den zweiten Umstand wird die Intensität der Störung, welche diese Welle durch gesteigerten Druck vermehrt, ebenfalls vergrössert, so dass im Allgemeinen eine in mittlerer Breite entstehende Störung bei ihrer Fortpflanzung sich in höheren Breiten stärker, in niedrigeren Breiten dagegen schwächer bemerkbar machen muss, ohne dass der Sinn oder die Richtung in derselben Hemisphäre wesentlich verändert wird.

Dass dagegen eine Welle, welche sich von einem Puncte auf der nördlichen Hemisphäre über den Aequator hinweg nach der südlichen Hemisphäre fortpflanzt, hier die entgegengesetzte Bewegung der Nadel erzeugen muss, ist ohne Weiteres klar. Denn da eine solche Welle durch Steigerung des hydrostatischen Druckes stets nur die Intensität der electrischen Erregung in dem durch die Stromrichtung bereits bestimmten Sinne erzeugen kann, so muss natürlich dieselbe Ursache, welche z. B. in der nördlichen Hemisphäre ein Sinken des

Nordendes der Nadel erzeugt, in der südlichen Hemisphäre ein Sinken des Südendes erzeugen.

Alle diese Consequenzen werden durch die Beobachtungen bestätigt. Indem Lamont die graphischen Darstellungen von gleichzeitig in demselben Meridiane angestellten Beobachtungen einer Störung vergleicht, welche am 28. August 1841 1 Uhr Morgens eintrat, bemerkt er (S. 273) Folgendes:

„Geht man vom Aequator aus gegen Norden oder Süden, so nehmen die Bewegungen stetig an Grösse zu: die Form bleibt dabei im Wesentlichen ungeändert.

Die südlichen und nördlichen Stationen scheinen auf den ersten Anblick nicht übereinzustimmen, es stellt sich indessen eine vollkommene Harmonie her, sobald man wahrgenommen hat, dass in Süden die Bewegungen eine entgegengesetzte Richtung nehmen. . .

Man wird bemerken, dass, je weiter man vom Aequator sich entfernt, desto mehr Abweichungen in der Form sich zeigen. Es haben keine sehr weit gegen Norden oder Süden gelegenen Stationen bei dieser Terminbeobachtung mitgewirkt und wir wissen nicht, welche Form die Störung gegen die Pole hin angenommen hat; indessen ist aus sonstigen Beobachtungen bekannt, dass in den Polar-Gegenden die Störungen eine ausserordentliche Grösse erlangen und ihre Form gänzlich ändern."

„Hinsichtlich der Grösse der Störungen habe ich ein merkwürdiges Gesetz aus den Beobachtungen abgeleitet. Es giebt nämlich für Europa eine bestimmte „Störungsscala", wonach, wenn in Mailand eine Bewegung von 10′ stattfindet, die correspondirenden Bewegungen in München 11′, in Krakau 12′, in Breda 16′, in Göttingen 18′, in Kopenhagen 22′ u. s. w. betragen werden. Nach Bravais würde in Bosskop die Scalenzahl 55′ sein, jedoch wird die Form hier schon meistens bis zur Unkenntlichkeit verändert."

Der oben aus der Theorie gefolgerte symmetrische Gegensatz zwischen der nördlichen und südlichen Hemisphäre ist natürlich unabhängig von der Ursache, welche eine Steigerung

oder Schwächung der Strömung erzeugt, mag dieselbe eine innere, wie bei den Störungen, oder eine äussere, wie bei den von den Beziehungen der Erde zur Sonne abhängigen Einflüssen sein. In Uebereinstimmung hiermit bemerkt Lamont bezüglich der täglichen Periode Folgendes:

(l. c. S. 268) „In der südlichen Halbkugel ist die Folge der magnetischen Aenderungen während der 24stündigen Periode ganz dieselbe, aber die Bewegung durchgängig in entgegengesetztem Sinne, wo nämlich eine westliche Bewegung oder eine Zunahme im Norden stattfindet, trifft man in Süden eine östliche Bewegung oder eine Abnahme. Auch ist die Bewegung am kleinsten auf der Südseite des Aequators, wenn sie auf der Nordseite am grössten ist, weil der Winter der Südseite unserem Sommer entspricht."

Schliesslich dürften auch die folgenden Worte Lamont's die bisher entwickelten Anschauungen von dem Zusammenhange der erdmagnetischen Erscheinungen mit den Strömungen und wellenartigen Bewegungen einer unterirdischen tropfbarflüssigen Masse nicht unwesentlich unterstützen.

„So wichtig auch die magnetischen Störungen für die Theorie sind, so würden sie schwerlich so sehr die Aufmerksamkeit gefesselt haben, hätten sie nicht etwas Eigenthümliches, ich möchte sagen, etwas Magisches, insoferne als sie durch unsichtbare Kräfte hervorgerufen werden, wovon keine Spur in den sonstigen Naturerscheinungen sich vorfindet."

„Es ist schon bei der Beobachtung unmöglich, alle kleinen Ausbeugungen, insbesondere das Wellenartige, was in allen magnetischen Aenderungen wahrgenommen wird, zu verfolgen und aufzunehmen."

„Ein gleichförmiges Zu- oder Abnehmen tritt bei den magnetischen Elementen niemals ein, sondern die Aenderung kommt schubweise zu Stande, so dass nach jedem Schub eine kleine rückgängige Bewegung erfolgt. Man wird dabei lebhaft an die Ebbe und Fluth des Meeres erinnert, wo jede folgende Welle etwas weiter kommt, als die vorhergehende, und zwischen je zwei Wellen ein Zurückweichen des Wassers stattfindet. Die magnetischen Wellen sind übrigens ebenso

wenig wie die Meereswellen einander gleich; wahrscheinlich werden sie auch nach der geographischen Position verschieden sein. Bei uns dauert der Vorübergang einer magnetischen Welle zwischen 3 und 15 Secunden. Diese merkwürdige Eigenthümlichkeit der magnetischen Kraft habe ich im Jahre 1841 erkannt, als ich magnetische Instrumente von neuer Construction und mit sehr leichten luftdicht eingeschlossenen Nadeln versehen, aufgestellt hatte; mit den früher gebrauchten schweren Stäben konnten Bewegungen von so kurzer Dauer nicht beobachtet werden."

13.

Die bisher entwickelten Anschauungen über die physischen Ursachen des Erdmagnetismus[1]) lassen unmittelbar einen Zusammenhang aller der auf ihn bezüglichen Phänomene mit den vulkanischen Erscheinungen an der Erdoberfläche erwarten. In der That, wenn diese Vorgänge nach den Grundsätzen einer jeden rationellen Geologie als Reactionen des glühend-flüssigen Innern gegen die feste Incrustationsrinde der Erde aufzufassen sind, so müssen sich diese Reactionen sowohl in mechanischen als auch magnetischen oder electrischen Wirkungen bemerklich machen. Die ersteren beobachten wir in den Erderschütterungen und vulkanischen Eruptionen, die

[1]) Während des Druckes dieser Arbeit erhalte ich die Nachricht von einer sehr merkwürdigen Beobachtung, welche vor Kurzem beim Bohren eines sehr tiefen artesischen Brunnens in Frankreich gemacht worden ist. Der Pariser Akademie ist hierüber in der Sitzung am 9. October 1871 eine Mittheilung gemacht worden, welche in den *Comptes rendus T. LXXIII. p. 910* abgedruckt ist. Sie ist betitelt: *„Étude de l'eau artésienne de Rochefort. Note de M. Roux (Extrait)."* Die bezügliche Stelle lautet:

„Une particularité intéressante, que nous avons observée pendant les travaux artésiens est l'aimantation énergique de la sonde. Ses tiges désarticulées après le travail, constituaient autant d'aimants partiels, ayant chacune son pôle boréal et son pôle austral."

Mit Berücksichtigung des schwachen Mineralmagnetismus der Gesteine kann diese merkwürdige Erscheinung, wie ich glaube, nur durch die Annahme kräftiger galvanischer Ströme in jenen Tiefen der Erde erklärt werden, was den Gesetzen der Stromverzweigung bezüglich der Intensität der Ströme vollkommen entsprechen würde.

zweiten an den Schwankungen der Magnetnadel. Der von unserer Theorie mit Nothwendigkeit geforderte enge Zusammenhang beider Klassen von Erscheinungen wird ebenfalls durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt. Es mögen hier zum Beweise nur die Thatsachen angeführt werden, welche Lamont in der mehrfach citirten Schrift S. 277 mit folgenden Worten beschreibt:

„Kreil hat viele Fälle zusammengestellt, wo magnetische Störungen mit Erdbeben zusammentrafen; danach hält er einen Zusammenhang beider Erscheinungen für wahrscheinlich. Ein höchst merkwürdiger Fall ist mir selber in dieser Hinsicht vorgekommen. Am 18. April 1842 um 10 Minuten nach 9 Uhr Morgens sah ich zufälliger Weise bei dem Declinations-Instrumente nach, als die Nadel plötzlich einen Stoss erhielt, dass die Scala aus dem Gesichtsfelde des Fernrohrs hinausfuhr; die Schwingungen dauerten einige Zeit fort, und endlich stellte sich die gewöhnliche Ruhe wieder her. Einige Tage später erhielt ich Nachricht von Colla in Parma, dass er heftige Oscillationen der Nadel beobachtet habe, und die Vergleichung zeigte, dass die Bewegung in Parma in demselben Augenblicke wie in München eintrat. Kurze Zeit danach wurde der Bericht eines französischen Ingenieurs über ein heftiges Erdbeben, welches er in Griechenland beobachtet hatte, bekannt gemacht, und nun ergab sich, dass das Erdbeben in derselben Minute stattgefunden hatte, wo die heftige Bewegung der Nadel in Parma und München bemerkt worden war. Hält man diesen Fall mit den vielen von Kreil und Colla gesammelten Thatsachen zusammen, so lässt sich kaum an dem Vorhandensein einer engeren Verbindung zweifeln, wobei jedoch unentschieden bleibt, ob die eine Erscheinung die andere zur Folge hat, oder beide von einer gemeinschaftlichen Quelle ausgehen."

Denselben Zusammenhang zwischen Erderschütterungen und magnetischen Störungen hat Lamont bei dem im December des Jahres 1861 in Griechenland stattgefundenen Erdbeben beobachtet.

Er theilt die hierauf bezüglichen Erscheinungen in Poggendorff's Annalen Bd. CXV. S. 176 mit folgenden Worten mit:

„Da der Zusammenhang des Erdmagnetismus mit den Erdbeben noch immer zu den ungenügend ermittelten Verhältnissen gehört, so wird es nicht unzweckmässig erscheinen, wenn ich hier eine darauf bezügliche Thatsache mittheile. Am 26. December 1861, als ich um 8 Uhr Morgens den Stand der magnetischen Instrumente aufzeichnete (wovon im magnetischen Observatorium sechs aufgestellt sind, nämlich zwei für Declination, zwei für Intensität und zwei für Inclination), bemerkte ich an sämmtlichen Instrumenten eine ungewöhnliche Unruhe, bestehend darin, dass der Stand schnell und unregelmässig um mehrere Theilstriche zu- und wieder abnahm, und zugleich ein Zittern in verticaler Richtung eintrat. Das Zittern der Nadeln hielt nur kurze Zeit an, die schnellen Aenderungen des Standes aber dauerten, allmälig an Heftigkeit wachsend, bis gegen $8^1/_2$ Uhr fort. Einige Tage später traf die Nachricht ein, dass genau mit obiger Beobachtung gleichzeitig ein Erdbeben an verschiedenen Puncten Griechenlands grosse Verwüstungen angerichtet hatte.

Hiermit ist neuerdings festgestellt, dass nicht bloss die Erschütterungen, welche ein Erdbeben hervorbringt, auf grosse Entfernungen sich verbreiten, sondern auch die Kräfte, welche das Erdbeben erzeugen, zugleich den Magnetismus der Erde in gewissem Grade modificiren. Die Modification besteht ohne Zweifel darin, dass ein Erdstrom hervorgerufen wird, was sich auch im obigen Falle insofern bestätigt hat, als die an der hiesigen Sternwarte aufgestellten Erdstromvorrichtungen zur angegebenen Zeit ungewöhnlich grosse Thätigkeit zeigten.“

14.

Die besprochenen Erscheinungen dürften im Wesentlichen alle diejenigen Thatsachen umfassen, welche, unabhängig von der Beziehung der Erde zu andern Himmelskörpern, lediglich eine Beziehung irdischer Zustände und Veränderungen zum Erdmagnetismus ausdrücken. Es sollen nun in Folgendem auch diejenigen Phänomene vom Standpuncte der entwickelten Theorie geprüft werden, welche

in bestimmtester Weise auch eine magnetische Beziehung der Erde zu andern Himmelskörpern verrathen.

Da nach unserer Theorie die Strömungsverhältnisse des glühend-flüssigen Erdinnern in nichts Anderem als in einer Wiederholung der Strömungsverhältnisse an der Sonnenoberfläche bestehen, so müssen auch bei gleichen Ursachen die gleichen Wirkungen vorhanden sein. Es muss also die Sonne aus denselben Gründen wie die Erde als ein magnetischer Weltkörper betrachtet werden, dessen Rotations-Pole im Allgemeinen nicht genau mit den magnetischen Polen zusammenfallen.

Setzt man aber bei der glühenden Flüssigkeit, aus welcher die Sonnenoberfläche besteht, dieselbe Beziehung zwischen der Richtung der Flüssigkeits- und Electricitätsströmung voraus, so ergiebt sich, dass die Pole der Sonne die entgegengesetzte magnetische Polarität der entsprechenpole der Erde besitzen müssen.

Denn da die Sonnenoberfläche noch keine feste Incrustationsrinde besitzt, und nach dem Rotationsgesetze die Strömungen in ihr durch die Reaction der polaren Unterströme der Atmosphäre erzeugt werden, so sind diese Strömungen als nord-östliche entgegengesetzt gerichtet den süd-westlichen äquatorialen Oberströmen des glühend-flüssigen Erdinnern. Es muss also hieraus, mit Rücksicht auf die gleichgerichtete Rotation der Sonne und Erde, bei ersterer ein magnetischer Südpol vorausgesetzt werden, wo bei letzterer ein magnetischer Nordpol existirt.

Bezüglich der Schichten, in welchen die erregten electrischen Differenzen sich in Form von galvanischen Strömen wieder ausgleichen, vertreten auf der Sonne die dichten und dampfreichen untersten Schichten der Atmosphäre die Stelle der unteren Theile der Incrustationsrinde auf der Erde. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass wir diese electrischen Ausgleichungsprocesse häufig in Form von Protuberanzen beobachten, namentlich solcher, welche gleichsam tiefer gelegene Theile überbrücken und hierdurch bei der Dunkelheit des

überbrückten Raumes die Veranlassung zur Vermuthung dunkler Protuberanzen gegeben haben.[1])

Verallgemeinert man die hier gewonnenen Resultate mit Rücksicht auf die wesentliche Gleichartigkeit der Entwickelungsgeschichte aller grösseren Weltkörper, so kann man diese Verallgemeinerung in folgendem Satze aussprechen:

Alle rotirenden Weltkörper besitzen magnetische Pole, welche nicht genau mit den Polen der Rotation zusammenfallen. Im Laufe der allmäligen Erkaltung wechselt die Polarität ihr Zeichen, so dass ein noch glühend-flüssiger Weltkörper die entgegengesetzte Polarität eines incrustirten besitzt.

Die magnetische Polarität verschwindet, erstens in der Phase des Zeichenwechsels, d. h. in derjenigen Entwickelungsphase, wo, wie bei den veränderlichen Sternen, die Schlackenmassen bereits den Charakter ausgedehnter Continente annehmen, und zweitens bei durchgängiger Erstarrung des Innern. Selbstverständlich wird hierbei von dem permanenten Magnetismus einzelner Mineralien gänzlich abgesehen.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen ist also vom Standpuncte meiner Theorie die Existenz einer magnetischen Beziehung zwischen der Sonne und den Planeten wenigstens qualitativ als eine physikalische Nothwendigkeit zu

---

[1]) Die Protuberanz-Beobachtungen von Respighi, Tacchini, C. A. Young, Norton u. A. enthalten zahlreiche Andeutungen über den nordlichtartigen Charakter gewisser Protuberanzgebilde und es wird auch bezüglich der innern Theile der Corona bei totalen Sonnenfinsternissen auf diesen Charakter hingewiesen. Ebenso hat Lamont mit Rücksicht auf die ausserordentlich grosse Veränderlichkeit der Protuberanzen auf die analogen Verhältnisse beim Nordlicht hingewiesen.

Es ist aber hierbei stets festzuhalten, dass diese Analogien nur eine bestimmte Klasse von Protuberanzen treffen, während bei andern der eruptive Charakter vulkanischer Erscheinungen gegenwärtig gar nicht mehr zu bezweifeln ist. Ueber die Classification der Protuberanzen in dampf- oder wolkenförmige und in eruptive Gebilde vergl. meine Abhandlung: „Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne." (Berichte d. K. S. G. d. W., Sitzung am 2. Juni 1870.)

betrachten. Ueber die quantitativen Verhältnisse können uns nur die Beobachtungen Aufschluss geben. Es soll daher im Folgenden untersucht werden, in wie weit die oben theoretisch abgeleiteten Verhältnisse im Stande sind, von dem allgemeinen Charakter jener Beziehungen, soweit er sich als ein gesètzmässiger in den Beobachtungen ausspricht, Rechenschaft zu geben.

15.

Die Rotationsaxe der Sonne ist mit Zugrundelegung der Beobachtungen und Rechnungen von Spörer um $6^0\,57'$ gegen die Ebene der Erdbahn geneigt. Die Länge des aufsteigenden Knotens des Sonnenäquators beträgt (für 1866.5) $74^0\,36'$. Hieraus ergiebt sich die Länge des Nordpoles der Sonne zu $164^0\,36'$ und folglich diejenige des Südpoles zu $344^0\,36'$. Denkt man sich eine Ebene durch die Sonnenaxe senkrecht zur Ebene der Erdbahn gelegt, so durchschneidet die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne diese Ebene an zwei Tagen, nämlich am 6. September und am 7. März. Am ersten Tage wendet die Sonne ihren Nordpol, am zweiten ihren Südpol am meisten der Erde zu.

Es folgt hieraus, dass alle Erscheinungen, welche durch eine magnetische Induction der Sonne an der Erdoberfläche hervorgerufen werden, um die angegebenen Zeiten des Jahres ein Maximum erreichen müssen.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal die Beschaffenheit der Wirkungen, welche durch eine derartige Induction der Sonne auf und in der Erde erzeugt werden können, so sind dieselben doppelter Natur, nämlich:

1. mechanische Wirkungen durch Veränderung der Stromgeschwindigkeit der inneren Gluthströme,
2. magnetische oder electrische Wirkungen, welche mit jenen mechanischen Veränderungen nach unserer Theorie nothwendig verknüpft sind.

Was den ersten Satz betrifft, so ist klar, dass, wenn die Ursache des Erdmagnetismus in jenen eng und nothwendig mit den Gluthströmen verknüpften galvanischen Strömen begründet ist, auch eine jede Verstärkung oder Verminderung

des Erdmagnetismus durch Induction eine entsprechende Vergrösserung oder Verminderung der Stromgeschwindigkeit der Gluthströme erzeugen muss. Es ist bereits oben gezeigt, wie mit der Grösse dieser Geschwindigkeit auch die Grösse der störenden Einflüsse wachsen muss, und daher zur Zeit der kräftigsten magnetischen Induction ein Maximum der Erderschütterungen, der magnetischen Störungen, und der hierdurch unmittelbar vermöge der galvanischen Induction in den verdünnteren Regionen unserer Atmosphäre erzeugten Nordlichter.

Theoretisch müssten aber, ausser diesen an der Oberfläche der Erde zu beobachtenden Erscheinungen, auch noch Veränderungen des Temperaturzustandes im Innern der Erde vor sich gehen. Denn es wurde schon oben (S. 349) darauf hingewiesen, dass die Vergrösserung oder Verminderung der lebendigen Kraft der Stromgeschwindigkeit in der Gluthmasse nach dem Princip von der Erhaltung der Kraft nur auf Kosten des Kraftvorrathes im Systeme vor sich gehen kann. Ein jeder grosser und noch nicht vollkommen erstarkter Weltkörper repräsentirt uns aber, abgesehen von seiner translatorischen und rotatorischen Bewegung um die Axe, seinen Kraftvorrath in doppelter Gestalt:

1. In Form von Wärme, welche sich durch Ausstrahlung fortdauernd vermindert.
2. In Form von mechanischer Bewegung in den Strömungen seiner gasförmigen oder tfropfbar-flüssigen Bestandtheile.

Wird der eine dieser Bestandtheile, ohne äussere Mittheilung von lebendiger Kraft, vermehrt oder vermindert, so kann dies nur auf Kosten des andern Bestandtheiles geschehen.

Wird daher durch magnetische Induction die Stromgeschwindigkeit vergrössert, so muss gleichzeitig hiermit eine Temperaturerniedrigung der strömenden Massen verbunden sein und umgekehrt.

Gäbe es also eine physische Ursache, durch welche der magnetische Zustand der Sonne periodisch verstärkt oder vermindert werden könnte, so müsste sich nach dem Gesagten in Folge der hiermit gleichzeitig verbundenen Variationen der

magnetischen Induction der Erde eine Variation der inneren Erdwärme ergeben, welche um so bemerkbarer sein wird, je tiefer die Erdthermometer eingesenkt und so dem glühendflüssigen Erdinnern näher sind.

Eine solche physische Ursache, welche den magnetischen Zustand der Sonne nach unserer Theorie nothwendig periodisch verändern muss, ist aber in der Natur wirklich vorhanden, nämlich die periodisch veränderliche Quantität der Sonnenflecken.

Ich habe in meiner Abhandlung über das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten[1]) theoretisch nachgewiesen, dass die Anwesenheit der Flecken auf der Sonnenoberfläche sehr wesentliche aber gesetzmässige Modificationen des Rotationsgesetzes erzeugen müsse. Diese Modificationen sind auch vollkommen der Theorie entsprechend durch die Beobachtungen von Spörer direct nachgewiesen, so dass es mir gelang, eine theoretische Formel für das modificirte Gesetz der Strömungen aufzustellen, welche sogar viel befriedigender als die von Spörer empirisch abgeleitete die Beobachtungen darstellt.

Den wesentlichen Charakter des veränderten Rotationsgesetzes zur Zeit der Fleckenmaxima und die Ursachen, welche diese Aenderungen hervorrufen, beschrieb ich a. a. O. mit folgenden Worten:

„Zur Zeit des Fleckenmaximums werden aber die Polarströme vermöge des grösseren Reibungswiderstandes an der Oberfläche der Sonnenflecken beträchtlich verzögert und gelangen daher mit weit geringerer Geschwindigkeit nach den Aequatorialgegenden als zur Zeit eines Fleckenminimums. Daher muss während der Maxima der Fleckenperiode die beschleunigende Wirkung der tieferen Schichten an der Sonnenoberfläche bedeutend stärker als zur Zeit der Minima sein, und demgemäss die beobachtete Rotationsgeschwindigkeit am Aequator zur Zeit der Maxima weit stärker als zur Zeit der Minima im Sinne einer grösseren Rotationsgeschwindigkeit ausfallen, ganz wie dies die Beobachtungen von Spörer zeigen."

[1]) Berichte d. K. S. G. d. W., Sitzung am 11. Februar 1871.

Wie man sieht, lassen sich alle Beobachtungen Spörer's durch die oben theoretisch abgeleitete Formel weit besser als durch die von Spörer gegebene empirische Formel darstellen. Schliesst man aber die Beobachtung in unmittelbarer Nähe des Aequators aus so reducirt sich die Summe der Fehlerquadrate für die Spörer'sche Formel auf 85.2, für die meinige auf 44.8, also fast auf die Hälfte des Spörer'schen Werthes.

Es hat sich demnach auch für die Spörer'schen Beobachtungen in der Nähe eines Fleckenmaximums die entwickelte Theorie des Rotationsgesetzes vollständig bewährt, und man wird in Zukunft die obige Formel ganz allgemein als den modificirten Ausdruck jenes Gesetzes zur Zeit der Fleckenmaxima zu betrachten haben." (Vgl. S. 147.)

Es muss daher nach meiner Theorie von der physischen Ursache des Magnetismus der Sonne als eine physikalische Nothwendigkeit angesehen werden, dass zur Zeit der Fleckenmaxima durch die Steigerung der relativen Stromgeschwindigkeit und die Vergrösserung der Frictionsprocesse auch die Intensität der hiermit verbundenen galvanischen Ströme und somit auch der magnetische Zustand der Sonne verstärkt wird.

Zur Zeit der Fleckenmaxima ist auf Kosten eines gewissen Wärmequantums der Sonne die Quantität der mechanischen, electrischen und magnetischen Processe an ihrer Oberfläche vergrössert.

16.

Um dem Leser ein eigenes Urtheil darüber zu gestatten, in wie weit die oben aus einer solchen periodischen Aenderung des magnetischen Zustandes der Sonne theoretisch gefolgerten Erscheinungen an der Erdoberfläche mit den Beobachtungen im Einklang sich befinden, werde ich mir erlauben, hier einfach die charakteristischen Stellen aus den betreffenden Originalabhandlungen mitzutheilen.

Das Vorhandensein einer periodischen Zu- oder Abnahme in der Grösse der täglichen Bewegung der Magnetnadel hat

Lamont bereits im Jahre 1845 ausgesprochen.[1]) Im Jahre 1851 veröffentlichte derselbe Gelehrte eine Abhandlung,[2]) in welcher er für die Dauer jener Periode eine Zeit von $10^1/_3$ Jahren ableitete. — Um dieselbe Zeit beschäftigte sich Sabine[3]) mit einer Untersuchung und Zusammenstellung der magnetischen Declinationsstörungen in Toronto und Hobarton für die fünf Jahre 1843—1848 und bemerkte, dass während dieses Zeitraumes von Jahr zu Jahr die Grösse sowohl als die Häufigkeit der Störungen zunahm.

Sabine gelangt ebenfalls zur Annahme einer Periode in der Grösse dieser Störungen und bemerkt dann, auf die Betrachtung einer möglichen Ursache übergehend (l. c. S. 127) Folgendes:[4])

„Da wir die Sonne als Grundursache anzusehen haben bei allen Vorgängen, welche von der Tageszeit abhängen, so erscheint es angemessen, so oft wir an einem Vorgange dieser Art eine periodische oder nicht periodische Aenderung bemerken, bei der Sonne zu untersuchen, ob sie nichts Analoges darbiete. Im gegenwärtigen Falle treffen wir in der That etwas Analoges an, indem die so beharrlich und consequent fortgeführten Beobachtungen des Hrn. Schwabe nachgewiesen haben, dass die Zahl der Sonnenflecke allmälig zu- und wieder abnimmt mit einer Periode von ungefähr 10 Jahren und der blosse Anblick der Zahlen eine Uebereinstimmung beider Phänomene nachweist."

---

[1]) Dove's Repertorium der Physik Bd. VII. S. 102. Man vergleiche ferner: Resultate des magnetischen Observatoriums in München 1843, 44 und 45. Abhandl. d. II. Classe der bayr. Acad. d. Wiss. V. Band. I. Abth.

[2]) Poggendorff's Annalen Bd. LXXXIV. S. 572.

[3]) *Periodical laws discoverable in the mean effects of the larger magnetic disturbances, by Col. Edw. Sabine R. A. (Received March. 18—Read May 6, 1852) Philosophical Transactions.*

[4]) Diese Angaben sind einer Abhandlung Lamont's in Poggendorff's Annalen Bd. CXVI. S. 607 ff. (1862) entnommen, welche betitelt ist: „Ueber die zehnjährige Periode in der täglichen Bewegung der Magnetnadel, und die Beziehung des Erdmagnetismus zu den Sonnenflecken".

Gleichfalls um dieselbe Zeit und vollkommen unabhängig von einander hatten R. Wolf[1]) und Gautier[2]) auf die Uebereinstimmung der Sonnenflecken-Periode mit den periodischen Aenderungen des Erdmagnetismus aufmerksam gemacht, und Ersterem ist es seitdem durch unermüdlichen Fleiss und Eifer auf diesem Gebiete gelungen, diese Beziehung als eine über alle Zweifel erhobene Thatsache festzustellen.

Zum Beweise dieser Behauptung lasse ich hier einige Stellen aus einer Abhandlung Wolf's: „Ueber die elfjährige Periode in den Sonnenflecken und erdmagnetischen Variationen"[3]) folgen.

„Als ich im Jahre 1852 nachwies, dass sich in der Häufigkeit der Sonnenflecken eine Periode von $11^1/_9$ Jahren zeige, und rückwärts bis zur Entdeckung der Sonnenflecken verfolgen lasse, disponirte ich, abgesehen von der damals bereits 26 Jahre umfassenden Beobachtungsweise des hochverehrten Hrn. Hofrath Schwabe, über keine längere zusammenhängende Serie, sondern nur über eine gewisse Anzahl kürzerer Beobachtungsfolgen und vereinzelter Angaben, — und es lag somit die Beweiskraft nur in den zwei Momenten, dass einerseits die Schwabe'sche Reihe eine Periodicität zeige, und andererseits bei Annahme einer Periode von $11^1/_9$ Jahren keine der aufgefundenen Angaben dieser Periodicität widerspreche. — Jetzt steht die Sache anders: Durch Auffindung langjähriger Beobachtungen von Staudacher, Flaugergues, Tevel, Adams etc. ist es mir möglich geworden, aus einer Sammlung von etwa 20000 Beobachtungen für eine Folge von 112 Jahren die mittlere jährliche Häufigkeit durch Relativ-Zahlen auszudrücken, die ich hier als Grundlage der weiteren Besprechung vollständig gebe, — ihnen, soweit es der Platz erlaubt, die aufgefundenen mittleren jährlichen Declinations-Variationen beisetzend."

Bezüglich der hier erwähnten vollständigen Wiedergabe des Beobachtungsmaterials verweise ich auf die genannte

[1]) Mittheilungen der Berner naturforschenden Gesellschaft, No. 245.— *Comptes rendus*, 13. Sept. 1852. — Astr. Nachrichten. No. 820.

[2]) *Bibliothèque Universelle. Jouillet et Août 1852.*

[3]) Poggendorff's Annalen CXVII. S. 502 ff. (1862).

Abhandlung. Dagegen mögen hier die daraus abgeleiteten Resultate mit den begleitenden Worten Wolf's folgen: (l. c. S. 505 ff).

„Die obige Tafel zeigt auf den ersten Blick den periodischen Wechsel sowohl in der Häufigkeit der Sonnenflecken, als in der Grösse der magnetischen Declinationsvariation, und zwar ergaben sich aus ihr folgende Zeiten:

Sonnenflecken und Erdmagnetismus.

Maximum		Minimum	
Sonnenflecken	Magnetische Variation	Sonnenflecken	Magnetische Variation
1750.0 ± 1.0		1755.7 ± 0.5	
1761.5 ± 0.5		1766.5 ± 0.5	
1770.0 ± 0.5		1775.8 ± 0.5	
1779.5 ± 0.5		1784.8 ± 0.5	1784.5 ± 0.5
1788.5 ± 0.5	1787.2 ± 1.0	1798.5 ± 0.5	1799.0 ± 2.0
1804.0 ± 1.0	1803.5 ± 1.0	1810.5 ± 0.5	
1816.8 ± 0.5	1817.5 ± 1.0	1823.2 ± 0.5	1823.8 ± 1.0
1829.5 ± 0.5	1829.7 ± 0.5	1833.8 ± 0.2	
1837.2 ± 0.5	1837.7 ± 0.5	1844.0 ± 0.2	1844.2 ± 0.5
1848.6 ± 0.5	1848.9 ± 0.3	1856.2 ± 0.2	1856.3 ± 0.3
1860.2 ±	1860.0 ± 0.3		

„Betrachten wir zunächst die den Sonnenflecken entsprechenden Epochen, so finden wir aus den äussersten Angaben für die Länge der mittleren Periode:

$$\frac{[1860.2 \pm 0.2] - [1750.0 \pm 1.0]}{10} = 11.02 \pm 0.10$$

$$\frac{[1856.2 \pm 0.2] - [1755.7 \pm 0.5]}{9} = 11.17 \pm 0.06$$

d. h. Resultate, welche mit der früher bestimmten Periodenlänge von $11^1/_9$ Jahren innerhalb ihrer Fehlergränzen übereinstimmen."

„Betrachten wir in zweiter Linie die den magnetischen Variationen entsprechenden Epochen, so finden wir, dass sie innerhalb ihrer Fehlergränzen mit denen der Sonnenflecken übereinstimmen, und dass der 1852 ausgesprochene Paralle-

lismus in den beiden Erscheinungen dadurch um so schlagender nachgewiesen ist, als nicht nur die mittlere Periode genau dieselbe ist, sondern sich auch die Anomalien der einen Erscheinung bei der andern genau wieder finden.

„Diese Uebereinstimmung veranlasste mich schon vor mehr als drei Jahren die Ansicht auszusprechen, es möchte zwischen beiden Erscheinungen ein Causalnexus in der Weise existiren, dass in beiden die Intensität der gemeinschaftlichen Ursache wie an zwei verschiedenen Scalen abgelesen werden könne, und dass es daher möglich sein müsse, die Grösse v der magnetischen Variation nach einer Formel von der Form:

$$v = a + b.r$$

aus der Relativzahl r des betreffenden Jahres zu berechnen. So fand ich z. B. damals speciell für München die Formel:

$$v' = 6',273 + 0{,}051.r,$$

welche die von Hrn. Lamont zur Zeit veröffentlichten Declinations-Variationen der Jahre 1835—1850 sogar genauer darstellte als die von ihm denselben direct entnommene Formel.“[1])

Es sei hier zum Schlusse noch bemerkt, dass Professor R. Wolf auch für Prag eine solche Formel abgeleitet hat, über deren Uebereinstimmung mit den magnetischen Declinationsbeobachtungen er in einer neueren Publication[2]) Folgendes bemerkt (l. c. S. 253):

„Die von mir in Nr. XXVI durch Berechnung aus den Sonnenflecken für Prag 1869 erhaltene Variation 9'.44 ist also merklich grösser als die aus den Beobachtungen 2^h—20^h hervorgehende 8'.69, während sie dagegen mit der aus Maximum — Minimum hervorgehenden 9.'44 ganz genau übereinstimmt.“

---

[1]) In Betreff der Differenzen zwischen Lamont und Wolf, die übrigens gegenwärtig wohl als zu Gunsten des Letzteren als erledigt betrachtet werden dürften, verweise ich auf die beiden citirten Abhandlungen in Poggendorff's Annalen vom Jahre 1862.

[2]) Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft zu Zürich. December 1870. S. 239ff.

Eine nicht minder überraschende Uebereinstimmung ergiebt sich aber auch zwischen der Häufigkeit der Nordlichter und derjenigen der Sonnenflecken. Ich entnehme die aus einer grossen Anzahl europäischer und amerikanischer Nordlichtbeobachtungen von Professor Loomis abgeleiteten Epochen einer Abhandlung, welche im Jahre 1865 im „*Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution etc. for the year 1865 (p. 208—248)*“ publicirt worden ist. Es ist diese Zusammenstellung um so wichtiger, weil Loomis des Zusammenhanges mit den Sonnenflecken nirgends gedenkt und ihm daher bei Abfassung jener Abhandlung jedenfalls die Arbeiten von Wolf nicht bekannt gewesen sind.[1]) Deshalb ist aber auch jede mögliche Präoccupation des Urtheils ausgeschlossen und die Uebereinstimmung beider Phänomene um so überraschender.

In der folgenden Tabelle habe ich, wie oben, die Zeiten der Maxima und Minima der Sonnenflecken getrennt, und an Stelle der magnetischen Variationen die von Loomis nur aus europäischen Nordlichtbeobachtungen abgeleiteten Epochen der Maxima und Minima beigefügt. Die aus americanischen Beobachtungen resultirenden Zeiten stimmen fast vollkommen mit den obigen überein.

Sonnenflecken und Nordlichter.

Maximum		Minimum	
Sonnenflecken	Nordlichter	Sonnenflecken	Nordlichter
	1707		1713
	1718		1721
	1730		1733
	1741		1745
1750.0	1750	1755.7	1755
1761.5	1760	1766.5	1766
1770.0	1771	1775.8	1776
1779.5	1779	1784.8	1784
1788.5	1788	1798.5	1798
1804.0	1804	1810.5	1811
1816.8	1819	1823.2	1823
1829.5	1830	1833.8	1834
1837.2	1840	1844.0	1843
1848.6	1849	1856.2	1856

[1]) Erst später hat Loomis in Silliman's Journal, Septemberheft 1870 diese Beziehungen hervorgehoben. Vgl. aber die Kritik seiner Abhandlung von Wolf in No. XXVIII. seiner astronomischen Mittheilungen.

Wenn die mitgetheilten Beobachtungen jeden Zweifel über den Zusammenhang des Erdmagnetismus mit den Vorgängen auf der Sonnenoberfläche ausschliessen, so mag hier noch bemerkt werden, dass aus meiner physikalischen Theorie nicht nur die Existenz, sondern auch die Beschaffenheit dieses Zusammenhanges sich erklärt. In der That, wenn es sich nur darum gehandelt hätte, die erstere zu bestätigen, so wäre es gleichgültig gewesen, ob ein Maximum der Sonnenflecken mit einem Maximum oder Minimum der magnetischen Störungen coincidirte. Nach der oben entwickelten Theorie dagegen ist die Coincidenz gleichartiger Grössen bei beiden Erscheinungen ein nothwendiges Erforderniss. Denn die während des Sonnenflecken-Maximums beschleunigten Gluthströme auf der Sonne rufen vermittelst der magnetischen Induction auch eine Beschleunigung der Gluthströme im Erdinnern hervor, so dass um diese Zeiten die Grösse der magnetischen Störungen aus demselben Grunde wachsen muss, wie auf der Erde mit zunehmender geographischen Breite. (Vgl. oben § 10.)

Es ist indess oben (S. 379) mit Rücksicht auf die Lage der Sonnenaxe zur Ebene der Erdbahn theoretisch eine stärkere magnetische Induction in der Nähe zweier Tage im Jahre gefolgert worden, an welchen die Erde dem inducirenden Einflusse des einen oder andern Sonnenpoles am meisten ausgesetzt sein würde, wenn hierbei zunächst ganz von dem Einflusse abgesehen wird, welchen die Lage der Erdaxe selber auf die Stärke dieser Induction ausüben muss. Es wird also vorausgesetzt, dass an jenen beiden Tagen der Radiusvector der Erde, ähnlich wie zur Zeit der Aequinoctien, senkrecht zur Erdaxe stehe. Da sich für jene beiden Tage der 6. September und der 7. März ergeben haben, so kann die gemachte Annahme für einen rohen Vergleich der magnetischen Störungen als annähernd erfüllt betrachtet werden. Nach unserer Theorie müssten also um jene Zeiten des Jahres alle diejenigen Erscheinungen Maxima zeigen, welche nach dem Obigen durch eine stärkere magnetische Induction der Erde bedingt sind, also zunächst die magnetischen Störungen und die secundär hierdurch erzeugten Phänomene des Nordlichtes.

Als Beobachtungsmaterial zur Prüfung dieser Consequenzen wähle ich zuerst die „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins 1836. III.“, welche von Gauss im V. Bande seiner gesammelten Werke discutirt worden sind.

Unter der Ueberschrift: „Mittleres Schwanken der magnetischen Declination während der drei Jahre 1834—1837“ werden diese Werthe als Mittel dieser drei Jahre für die einzelnen Monate zusammengestellt. Wenn auch dieses Material noch viel zu gering ist, um entscheidende Vergleichungen mit den oben gezogenen Folgerungen der Theorie zu gestatten, so mögen doch hier diese Mittelwerthe in Bogensecunden ausgedrückt folgen (l. c. S. 567).

Mittlere Declinations-Variationen zu Göttingen von 1834 bis 1837.

Monat	Variation	Monat	Variation
Januar	189″	Juli	223
Februar	155	August	244
März	206	September	204
April	164	October	216
Mai	196	November	191
Juni	172	December	195

Obschon diese Werthe im März und zwischen August und September Maxima zeigen, entsprechend den oben erwähnten Zeiten, so müssen jedenfalls erst noch eine viel grössere Anzahl von Beobachtungen von diesem Gesichtspuncte aus discutirt werden.

Auch die Häufigkeit der Nordlichter ist einer jährlichen Periode unterworfen. Loomis hat in der oben citirten Abhandlung eine solche Periode aus einer grossen Anzahl zu New Haven, Boston und Canada beobachteten Nordlichter abgeleitet, welche sich über einen Zeitraum von 113 Jahren erstrecken. Diese Zusammenstellung ergiebt Folgendes:

Die Häufigkeit der Nordlichter in ihrer Abhängigkeit von der Jahreszeit.

Monat	Zahl d. Nordlichter	Monat	Zahl d. Nordlichter
Januar	173	Juli	244
Februar	210	August	238
März	240	September	293
April	267	October	236
Mai	191	November	215
Juni	179	December	159

Auch hier treten also um diese Zeiten Maxima auf. Allein man muss sich hierbei vergegenwärtigen, dass mit Rücksicht auf die gleichzeitig um jene Zeiten am stärksten veränderlichen Werthe des Radiusvectors der Erde auch die secundären electrischen Inductionswirkungen zwischen Sonne und Erde ein Maximum besitzen müssen, so dass auch hierdurch, ohne Rücksicht auf die mittlere Stellung der magnetischen Sonnenaxe, die angedeuteten Wirkungen verstärkt werden könnten.

So betrug z. B. im Jahre 1870 das Maximum der Geschwindigkeit, mit welcher sich in der Zeit vom 24. bis 26. März die Erde von der Sonne in Folge der Variation des Radiusvectors entfernte, 498.1 Meter in der Secunde. Das Maximum der Annäherungsgeschwindigkeit fiel in jenem Jahre auf die Zeit vom 1. bis 3. October und betrug 502.4 Meter in der Secunde. Es ist klar, dass bei einer so schnellen Abstandsänderung zwischen Sonne und Erde nach den Gesetzen der electrischen Induction nothwendig galvanische Ströme in diesen Körpern erregt werden müssen, selbst wenn nur einer von ihnen eine magnetische Fernewirkung auf den andern ausübte. Wie gross die Intensität dieser Ströme sein müsste, um Nordlichterscheinungen, Erdströme und magnetische Störungen an der Erdoberfläche zu erzeugen, kann selbstverständlich nur durch Beobachtungen entschieden werden. Es genügt hier die Nothwendigkeit der Existenz dieser Ströme nachgewiesen zu haben, ganz unabhängig von ihrer Stärke.

17.

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass die aus der Theorie abgeleiteten Folgerungen durch die Thatsachen der Beobachtung bestätigt werden. Alle Zustände der Sonnenoberfläche, welche mit Veränderungen ihrer Strömungsprocesse verknüpft sind, rufen nothwendig auch analoge Veränderungen im Zustande der inneren Strömungsprocesse des Erdkörpers hervor und erzeugen hierdurch Variationen des tellurischen Magnetismus. Es wurde jedoch bisher nur diejenige Ursache für Strömungsveränderungen in der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche berücksichtigt, welche durch das in grossen Perioden schwankende Phänomen der Sonnenflecken hervorgerufen wird. Es fragt sich aber, ob nicht andere, mehr zufällige und locale Processe auf der Sonne anzutreffen sind, welche in ähnlicher Weise mechanisch plötzliche Aenderungen in der Stromgeschwindigkeit der Gluthströme zu erzeugen im Stande wären, wie dies durch Erdbeben, plötzliche vulkanische Eruptionen u. dgl. m. auf der Erde nach der entwickelten Theorie nothwendig bedingt ist. Ebenso wie diese rein mechanischen Processe eine magnetische Störung in der Gesammtkraft des Erdkörpers hervorrufen, müssten dieselben Processe an der Sonnenoberfläche, wenn sie hinreichend intensiv sind, eine Aenderung in der magnetischen Gesammtkraft der Sonne hervorrufen und hierdurch, bei ihrer magnetischen Beziehung zur Erde, auch dort eine derartige Veränderung bewirken, die nun ihrerseits wieder von allen denjenigen Phänomenen begleitet sein kann, welche im Gefolge magnetischer Störungen beobachtet werden.

Das Spectroskop hat uns gegenwärtig einen solchen Reichthum gewaltiger vulkanischer Processe an der Sonnenoberfläche enthüllt, dass ohne Zweifel hierdurch eine mechanische Rückwirkung auf die durch das Rotationsgesetz bedingten Gluthströme als eine sehr natürliche Annahme erscheinen muss. Namentlich werden sich aber solche Reactionen auch bei den gewaltigen Veränderungen und plötzlichen Rupturen der ungeheuren Schlackenmassen manifestiren müssen, welche wir in den Sonnenflecken beobachten.

Die Beobachtungen zeigen nun in der That einen solchen überraschenden Zusammenhang zwischen localen Processen an

der Sonnenoberfläche, wie sie soeben vom Standpuncte unserer Theorie gefolgert wurden.

Ich lasse die auffallendsten dieser Beobachtungen, so weit sie mir bekannt geworden sind, hier folgen. Sie datiren selbstverständlich erst aus derjenigen Zeit, wo die Oberfläche der Sonne durch systematische Beobachtung ihres Fleckenzustandes der Gegenstand genauerer Untersuchungen geworden ist.

Unter dem Titel: „Eine Sonnenfleckenbeobachtung" befindet sich in Poggendorff's Annalen Bd. CIX. S. 190 (Januarheft 1860) ein Auszug aus einem Schreiben des Hrn. Sabine an Prof. Dove, der folgendermaassen lautet:

„Als Hr. Carrington am Vormittage des 1. Sept. v. J. beschäftigt war, seine täglichen Beobachtungen über die Gestalt und Lage der Sonnenflecken zu machen, sah er zu seinem Erstaunen aus der Mitte des grossen Fleckes, welcher schon einige Tage lang Gegenstand allgemeiner Aufmerksamkeit gewesen, ein intensiv helles und weisses Licht hervorbrechen, welches viel heller als die übrige Sonnenfläche war. Es dauerte etwas länger als fünf Minuten, und nach seinem Verschwinden schien der grosse Fleck unverändert zu sein. Das Phänomen wurde auch von Hrn. Hodgson zu Highgate gesehen, einige engl. Meilen von Redhill, der Sternwarte des Hrn. Carrington. Beide Beobachter kommen darin überein, die Zeit des Erscheinens und Verschwindens, angenähert richtig bis auf einige Secunden, auf $11^h\ 18^m$ und $11^h\ 23^m$ Greenw. mittl. Zeit festzustellen. Einige Tage darauf hatte Hr. Carrington Gelegenheit, das meteorologische Observatorium zu Kew zu besuchen, und von dem Phänomene sprechend, die photographischen Aufzeichnungen zu untersuchen, die dort von den drei magnetischen Elementen gemacht werden. In jeder derselben sah er eine sehr grosse Störung, die, so weit er beurtheilen konnte, gleichzeitig mit der in der Photosphäre der Sonne beobachteten Erscheinung stattfand. Dies, glaube ich, ist das erste Beispiel eines Zusammenhanges zwischen den physischen Veränderungen der Photosphäre der Sonne und den von mir i. J. 1852 nachgewiesenen magnetischen Stürmen oder Störungen" [1])

[1]) Vgl. Poggendorff's Annalen Bd. 88. p. 568.

Seit der Anwendung des Spectroskopes mit weit geöffnetem Spalte auf die Beobachtungen der Sonnenoberfläche, namentlich des Randes der Sonnenscheibe, sind wir im Stande, uns direct von der ungeheuren Gewalt der dort stattfindenden Eruptionsprocesse zu überzeugen, so dass beim Anblick derartiger Phänomene die Wahrscheinlichkeit einer kräftigen mechanischen Reaction auf die glühend-flüssige Oberfläche und ihre Strömungen fast zur unmittelbaren Ueberzeugung sich steigert.

Durch eine freundliche Mittheilung von Prof. C. A. Young, Darthmouth College in Amerika, — welcher im Besitze vorzüglicher spectroskopischer Hülfsmittel ist, die er selber durch ingeniöse Verbesserungen noch ausserordentlich vervollkommnet hat, — bin ich in der Lage, hier eine solche Eruption durch Zeichnungen und Zahlenangaben zur Anschauung zu bringen, welche wahrscheinlich zu den intensivsten und gewaltigsten gehört, die seit der kurzen Zeit der spectroskopischen Beobachtung der Sonne registrirt worden sind.

Ich erlaube mir die kurze Beschreibung des Phänomens, wie sie von Professors Young dem *„Boston Journal of Chemistry"* mitgetheilt und mir während des Druckes dieser Abhandlung zugesandt worden ist, mit den Worten und Skizzen des Beobachters zu reproduciren.

„An Explosion on the sun.

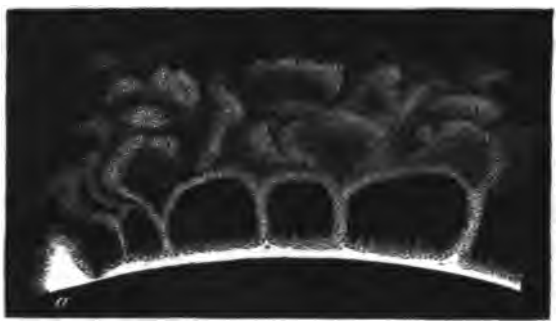
On the 7th of September, between half past twelve and two p. m., there occurred an outburst of solar energy remarkable for its suddenness and violence. Just at noon the writer had been examining with the telespectroscope an enormous protuberance or hydrogen cloud on the eastern limb of the sun.

It had remained with very little change since the preceding noon — a long, low, quiet looking cloud, not very dense or brilliant, nor in any way remarkable for its size. It was made up mostly of filaments nearly horizontal, and floated above the chromosphere with its lower surface at a height of some 15,000 miles, but was connected to it, as is usually the case, by three or four vertical columns brighter and more

active than the rest. Lockyer compares such masses to a banyan grove. In lenght it measures 3' 45", and in elevation about 2' to its upper surface — that is, since at the sun's distance 1" equals 450 miles nearly, it was about 100,000 miles long by 54,000 high.

At 12.30, when I was called away for a few minutes, there was no indication of what was about to happen, except that one of the connecting stems at the southern extremity of the cloud had grown considerably brighter, and was curiously bent to one side; and near the base of another at the northern end a little brilliant lump had developed itself, shaped much like a summer thunderhead. Figure 1 represents the prominence at this time, a being the little „thunderhead."[1])

Fig. 1.



What was my surprise, then, on returning in less than half an hour (at 12. 55), to find that in the mean time the whole thing had been literally blown to shreds by some inconceivable up-rush from beneath. In place of the quiet cloud I hat left, the air, if I may use the expression, was filled with flying débris — a mass of detached vertical fusiform filaments, each from 10" to 30" long by 2" or 3" wide, brighter and closer together where the pillars had formerly stood, and rapidly ascending.

---

[1]) *The sketches do not pretend to accuracy of detail, except the 4th; the three rolls in that are nearly exact.*

When I first looked some of them had already reached a height of nearly 4' (100,000 miles), and while I watched them they rose with a motion almost perceptible to the eye, until in ten minutes (1.05) the uppermost were more than 200,000 miles above the solar surface. This was ascertained by careful measurement; the mean of three closely accordant determinations gave 7' 49" as the extreme altitude attained, and I am particular in the statement because, so far as I know, chromospheric matter (red-hydrogen in this case) has never before been observed at an altitude exceeding 5'. The velocity of ascent also, 166 miles per second, is considerably greater than anything hitherto recorded. A general idea af its appearance when the filaments attained their greatest elevation may be obtained from Figure 2.

Fig. 2

As the filaments rose they gradually faded away like a dissolving cloud, and at 1.15 only a few filmy wisps, with some brighter streamers low down near the chromosphere, remained to mark the place.

But in the meanwhile the little „thunder head," before alluded to, had grown and developed wonderfully, into a mass of rolling and ever changing flame, to speak according to appearances. First it was crowded down, as it were, along the solar surface; later it rose almost pyramidally 50,000 miles in height; then its summit was drawn out into long filaments and threads which were most couriously rolled backwards and downwards, like the volutes of an Ionic capital; and finally

it faded away, and by 2.30 had vanished like the other. Figures 3 and 4 show it in its full development; the former having been sketched at 1.40, and the latter at 1.55.

Fig. 3.

Fig. 4.

The whole phenomenon suggested most forcibly the idea of an explosion under the great prominence, acting mainly upwards, but also in all directions outwards, and then after an interval followed by a corresponding in-rush: and it seems far from impossible that the mysterious coronal streamers, if they turn out to be truly solar, as now seems likely, may find their origin and explanation in such events.

The same afternoon a portion of the chromosphere on the opposite (western) limb of the sun was for several hours in a state of unusual brilliance and excitement, and showed in the spectrum more than 120 bright lines whose position was determined and catalogued, — all that I had ever seen before, and some 15 or 20 besides.

Whether the fine Aurora Borealis which succeeded in the evening was really the earth's responce to this magnificent outbourst of the sun is perhaps uncertain, but the coincidence is at least suggestive, and may easily become something more if, as I somewhat confidently expect to learn, the Greenwich magnetic record indicates a disturbance precisely simultaneous with the solar explosion. *C. A. Young.*

Darthmouth College, September, 1871.

Man sieht aus dieser Beschreibung, wie gewaltige Reactionen auf der Sonnenoberfläche vor sich gehen und wie wahrscheinlich nach meiner Theorie die Vermuthung ist, dass derartige plötzliche Erscheinungen auch magnetische Aenderungen im Zustande der Sonne erzeugen müssen, die sich bei hinreichender Stärke auch im magnetischen Zustande der Erde in Form von Störungen wiederspiegeln müssen.[1])

Ist es mir übrigens gestattet, den Charakter der soeben beschriebenen Phänomene mit irdischen Erscheinungen zu vergleichen, so möchte ich an das Phänomen der Wind- oder Wasserhosen erinnern, wo auch auf längere Zeit scheinbar äusserliche Ruhe und Stabilität stattfindet, welche dann plötzlich zusammenbricht und hierbei durch gewaltige Bewegungsphänomene den vorangegangenen Zustand innerer, wirbelartiger Bewegungen der constituirenden Massen verräth. In der That haben mich gleich beim ersten Anblicke die fünf Stämme in Fig. 1 an solche Erscheinungen erinnert.

18.

Die vorstehend mitgetheilten Thatsachen werden vorläufig ausreichend sein, um den aus der Theorie gefolgerten Zusammenhang plötzlicher Veränderungen auf der Sonnenoberfläche mit dem magnetischen Zustande der Erde mindestens als sehr wahrscheinlich erscheinen zu lassen. Vermuthlich werden schon die nächsten Jahre diese Beziehung auch durch die Beobachtungen über jeden Zweifel erheben.

Es fragt sich nun, ob nach meiner Theorie auch der Mond einen magnetischen Einfluss auf die Erde haben kann und von welcher Beschaffenheit derselbe sein müsste.

Die magnetische Fernewirkung der Himmelskörper ist nach den bisher entwickelten Anschauungen an zwei Bedingungen geknüpft:

1. an die Existenz von gesetzmässig an der Oberfläche oder im Innern der Körper strömenden Flüssigkeiten;

---

[1]) Während des Druckes erhielt ich auf eine an den Königlichen Astronomen Airy gerichtete Anfrage die Mittheilung, dass etwa drei Stunden nach jener Explosion ein magnetischer Sturm auf der Erde begann.

2. an solche Dimensionen der Körper, dass dieselben im Vergleich zum Abstande der letzteren nicht verschwindend sind, und daher eine Neigung ihrer magnetischen Axe zu ihrer Verbindungslinie eine Differenz der magnetischen Fernewirkungen beider Pole bedingen kann.

Die Existenz der ersten Bedingung werden wir beim Monde sowohl mit Rücksicht auf seine Rotationszeit als auch auf seine sonstige äussere Beschaffenheit als nicht erfüllt ansehen dürfen. Dagegen verdankt bekanntlich der Existenz der zweiten Bedingung das Phänomen der Ebbe und Fluth sein Dasein.

Wäre daher der Mond eine magnetisch oder electrisch inducirbare Masse, d. h. bestände er aus einer leitungsfähigen Substanz wie die feste Erdrinde, so müsste mit Rücksicht auf die variable Stellung der magnetischen Erdaxe zur Verbindungslinie beider Körper nothwendig nach den Gesetzen der electrischen oder magnetischen Induction ein Einfluss des Mondes auf den magnetischen Zustand der Erde stattfinden. Dieser Einfluss ist aber nach unserer Theorie ohne gleichzeitige mechanische Rückwirkung auf die inneren Gluthströme des Erdkörpers nicht denkbar. Es folgt daher, mit Berücksichtigung dieser Beziehung, dass der magnetische Einfluss des Mondes und überhaupt der Himmelskörper kein so einfacher wie der an irdischen Körpern von geringeren Dimensionen und festen Massen beobachtete Einfluss der magnetischen und electrischen Induction sein kann. Demgemäss wird man auch nur im Allgemeinen die Dauer der Periode jener Axenneigungen, die beim Monde von der Declination und dem Stundenwinkel abhängt, erwarten dürfen, während die Zeitpuncte der Maxima und Minima Gesetzen unterworfen sind, welche theoretisch nur unter gehöriger Berücksichtigung auch der mechanischen Rückwirkung der magnetischen Induction auf die Flüssigkeitsströme im Innern des Erdkörpers mit Hülfe analytischer Untersuchungen gefunden werden können.

Indem ich mir nun erlaube, in Folgendem Thatsachen der Beobachtung von zuverlässigen Forschern anzuführen, überlasse ich es dem Leser, sich ein selbständiges Urtheil darüber

zu bilden, in wie weit diese Beobachtungen als Bestätigung der obigen Consequenzen der Theorie angesehen werden können.

Ueber das Historische der Entdeckung eines magnetischen Einflusses des Mondes auf die Erde mögen hier zunächst die Worte Lamont's einen Platz finden.[1])

„Kreil war der erste, der aus seinen Beobachtungen einen Einfluss des Mondes auf die Declination, dann auch auf die Intensität abgeleitet hat, ihm schliesst sich Broun an, der zwar einen Einfluss, aber in den verschiedenen Jahreszeiten verschieden findet; in neuester Zeit hat sich auch Airy mit dem Problem beschäftigt und ist zu Zahlenreihen gelangt, welche mit dem Mondlaufe zusammengestellt Zu- und Abnahme zeigen.

Hr. Sabine kann als der Einzige bezeichnet werden, der bei verschiedenen Beobachtungsstationen und in verschiedenen Jahren jedesmal dasselbe Gesetz gefunden hat."

Ich werde mich daher im Folgenden darauf beschränken, ausführlicher nur die von Sabine gewonnenen Resultate zu berücksichtigen.

Die erste Abhandlung Sabine's ist betitelt:

„On the evidence of the existence of the decennial inequality in the solar-diurnal variations, and its nonexistence in the lunar diurnal variation of the magnetic declination at Hobarton."[2])

In dieser Arbeit sind die stündlichen Beobachtungen von Toronto in mehrere Perioden abgetheilt, und aus jeder Periode ist der Mondeinfluss abgeleitet. Die einzelnen Perioden führen übereinstimmend zu folgenden Resultaten:

1. Der Mondeinfluss offenbart sich in den Variationen aller magnetischen Elemente, und kann in der Declination, der Inclination und der Intensität entschieden nachgewiesen werden.
2. Der Mondeinfluss besteht in einer regelmässigen Periode mit doppeltem Maximum und doppeltem Minimum, und zwar treffen die Maxima ein bei der Declination 6 und

[1]) Berliner Berichte der physikalischen Gesellschaft. 1861. S. 558.

[2]) *Proceedings of the Royal Society VIII. 314. (1857), Philosophical Transactions 1857. p. 1—9.*

18 Stunden, bei der Inclination 3 und 14 Stunden, und bei der Intensität 3 und 16 Stunden nach der oberen Culmination; die Grösse der Perioden (Differenz zwischen Maximum und Minimum) beträgt bei der Declination 0.64′, bei der Inclination 0.07′, bei der Totalintensität 0.000012.

3. Diese Bewegungen lassen sich einfach erklären mittelst der Hypothese, dass durch die Erde im Monde Magnetismus inducirt wird.
4. Im Mondeinfluss zeigt sich keine Spur einer zehnjährigen Periode.

Das zuletzt erwähnte Resultat, welches demgemäss einen charakteristischen Unterschied zwischen der magnetischen Einwirkung der Sonne und des Mondes feststellt, dürfte mit Rücksicht auf das am Eingange dieses Paragraphen Bemerkte als eine Bestätigung dafür angesehen werden, dass im Innern des Mondes entweder gar keine glühend-flüssige Masse mehr vorhanden ist, welche zu Strömungen Veranlassungen geben könnte, oder dass, wenn solche Strömungen vorhanden sind, dieselben keine periodischen Aenderungen, wie diejenigen auf der Sonne durch die periodisch wechselnde Quantität der Sonnenflecken erleiden.

Eine zweite Abhandlung Sabine's ist betitelt:

„On the lunar diurnal variation of the magnetic declination obtained from the Kew photograms in the years 1858, 1859 and 1860.“[1])

In dieser Abhandlung leitet Sabine den Mondeinfluss aus den photographisch registrirten Beobachtungen von Kew ab und zeigt, dass sich eine regelmässige Periode mit zwei Maxima und zwei Minima (der Ebbe und Fluth analog) herausstellt, und zwar ergiebt sich zwischen den Zahlenreihen der einzelnen Jahrgänge eine auffallende Uebereinstimmung. Andererseits weist er nach, dass die Bewegungen in Kew mit jenen von Hobarton sehr genau correspondiren, mit dem Unterschiede, dass in den entgegengesetzten Hemisphären die

---

[1]) *Proceedings of the Royal Society XI. 73—80. Philosophical Magazine 1861 (4) XXII. 479—485.*

Bewegung in entgegengesetztem Sinne geht, d. h. das Nordende der Nadel in der nördlichen Hemisphäre sich eben so bewegt wie das Südende in der südlichen Hemisphäre.

Dass die Grösse der Bewegung verschieden ist, erklärt sich leicht aus dem Unterschiede der Horizontalintensität, welche in Kew 3.7 und in Hobarton 4.5 (absolute englische Einheiten) beträgt; wie dagegen die Verschiedenheit der Zeichen auszulegen sei, lässt Hr. Sabine völlig unerörtert und deutet nur an, dass man einen directen Einfluss, d. h. eine Anziehung der Nadel durch den Mond, oder einen indirecten Einfluss, d. h. eine Magnetisirung des Erdkernes durch den Mond, annehmen könne." Das sind die Worte Lamont's, mit denen er über den Inhalt einer Arbeit Sabine's a. a. O. referirt.

Der hier als unerklärt urgirte Umstand, bezüglich der Form des magnetischen Einflusses, ergiebt sich nach meiner Theorie, wie bereits oben (§. 12) bei der Erklärung der magnetischen Symmetrie beider Hemisphären erwähnt wurde, als eine physikalische Nothwendigkeit.

Indem ich es bei Anführung dieser Thatsache bewenden lasse, welche, wie man sieht, einen magnetischen Einfluss des Mondes auf die Erde vollkommen den oben ausgesprochenen allgemeinen Sätzen entsprechend constatiren, mag es dahingestellt bleiben, ob die neuerdings bei totalen Sonnenfinsternissen beim Eintritt der Totalität beobachteten Aenderungen der magnetischen Constanten dem verstärkten magnetischen Einfluss von Sonne und Mond oder ausserdem noch einer dynamisch, in Form einer Fluth- oder Druckwelle, vermittelten Einwirkung auf das glühend-flüssige Erdinnere verdanken.

Dagegen dürfte die nach meiner Theorie gleichzeitig mit der magnetischen Induction verbundene mechanische Reaction auf die Gluthströme des Erdinnern und die dadurch mehrfach erwähnte Complication der Phänomene durch eine theoretische Untersuchung von Lloyd eine weitere Stütze erhalten, indem aus derselben folgt, dass die Einflüsse von Sonne und Mond keiner directen, sondern einer indirecten Einwirkung auf die Erde zugeschrieben werden müssen.

Die Abhandlung ist betitelt:[1])

„On the direct Magnetic Influence of a distant Luminary upon the Diurnal Variations of the Magnetic Forth at the Earth's Surface. By the Rev. H. Lloyd.

In den einleitenden Worten bemerkt der Verfasser Folgendes:

„It has been usual to ascribe the ordinary diurnal variations of the terrestrial magnetic force to solar heat, either operating directly upon the magnetisme of the earth, or generating thermoelectric currents in its crust. The credit of these hypotheses has been somewhat weakened by the discovery of a variation which is certainly independent of any such cause, namely, the lunar variation of the three magnetic elements; while at the same time new laws of the solar diurnal change have been established, which are deemed to be incompatible with the supposition of a thermic agency. There has been, accordingly, a tendency of late to recur to the hypothesis that the sun and moon are themselves endued with magnetism, whether inherent or induced; and it is therefore of some importance to determine the effects with such bodies would produce at the earth's surface, and to compare them with tose actually observed.

I have endeavoured, in what follows, to solve this question, on the assumption that the supposed magnetism of these luminaries is inherent. The result will show the insufficiency of the hypothesis to explain the phaenomena; and will therefore bring us one step nearer to their explanation, by the removal of one of their supposed causes.“

Die Resultate der hierauf folgenden analytischen Untersuchung werden alsdann vom Verfasser in folgenden Worten resumirt:

„From the foregoing we learn: —

1. *That the effect of a distant magnetic body on each of the three elements of the earth's magnetic force consists of two parts, one of which is constant throughout the day, while the other varies with the hour-angle of the luminary.*

---

[1]) *Philosophical Magazine Vol. XV. p. 192—196. (1858.)*

2. *Each of these parts varies inversely as the cube of the distance of the magnetic body.*
3. *The variable part will give rise to a diurnal inequality, having one maximum and one minimum in the day, and subject to the condition:*[1])

$$\Delta\theta + \Delta\pi + \theta = 0$$

The third of these laws does not hold, with respect either to the solar- or to the lunar-diurnal variation. Thus, in the solar diurnal variation of the declination, the changes of position of the magnet throughout the night are comparatively small, and do not correspond, with change of sign only (as required by the foregoing law), to those which take place at the homonymous hours of the day.

The phaenomena of the lunar-diurnal variation are even more opposed to the foregoing law, the variation having two maxima and two minima of nearly equal magnitude in the twentyfour lunar hours, and its values at homonymous-hours having for the most part the same sign. Hence the phaenomena of the diurnal variation are not caused by the direct magnetic action of the sun and moon."

In dem Referate über diese Arbeit[2]) schliesst sich auch Lamont diesen Resultaten vollständig an, indem er seinen Bericht mit folgenden Worten schliesst:

„Hieraus schliesst Hr. Lloyd mit vollem Rechte, dass die täglichen Variationen des Erdmagnetismus einer directen magnetischen Wirkung von Sonne und Mond nicht zugeschrieben werden können."

Ich glaube durch folgende Betrachtung das Ungenügende der Annahme eines directen magnetischen Einflusses von Sonne und Mond als einzige Ursache zur Erklärung der Einwirkung dieser Himmelskörper auf den magnetischen Zustand der Erde noch deutlicher hervortreten zu lassen.

In der That, welches auch die Ursache sein mag, durch welche ein Himmelskörper, wie z. B. die Sonne, magnetische Polarität erlangt, wir werden es nach den uns bis jetzt bekann-

[1]) θ bedeutet den Stundenwinkel des magnetischen Himmelskörpers.
[2]) Berliner Berichte der phys. Ges. 1858. S. 592 ff.

ten Erscheinungen an irdischen Körpern für wahrscheinlich halten müssen, dass die Potentiale der beiden entgegengesetzten und geschiedenen Magnetismen gleich gross sind. Besitzt alsdann die Sonne nach Analogie unserer Erde zwei magnetische Pole, so wird die Erde in ihrem jährlichen Laufe um die Sonne nothwendig zwei Mal in eine solche Stellung gelangen, in welcher die von dem einen Pole ausgeübte magnetische Induction durch diejenige des andern aufgehoben wird. An diesen beiden Tagen im Jahre müsste dann nothwendig die tägliche Variation verschwinden, wenn sie lediglich durch eine directe magnetische Induction des Sonnenkörpers hervorgerufen wäre. Hierbei wurde vorausgesetzt, dass die magnetische Axe der Sonne mit ihrer Rotationsaxe annähernd zusammenfalle. Ist dies jedoch wie bei der Erde nicht der Fall,[1]) und ist der Abstand und die Intensität der beiden Magnetpole der Sonne im Vergleich zu ihrem Abstande von der Erde hinreichend gross, um bei der alsdann periodisch mit der Rotation eintretenden Variation der Entfernungen beider Magnetpole entsprechende Variationen des Erdmagnetismus durch directe Induction zu erzeugen, so müssten die täglichen Variationen des Erdmagnetismus, verdankten sie allein dieser Ursache ihre Entstehung, ungefähr alle 13 Tage verschwinden, um dann entweder der Induction des magnetischen Nord- oder Südpoles der Sonne entsprechend, ein positives oder negatives Maximum zu erreichen. Es öffnet sich uns demgemäss durch diese Betrachtungen ein empirisches Kriterium zur Entscheidung der Frage, ob die Sonne eine wahrnehmbare magnetische Induction auf die Erde ausübt und ob die täglichen Variationen ausser durch diese magnetische Induction noch durch eine andere Einwirkung der Sonne auf die Erde hervorgerufen werden.

19.

Mit Rücksicht auf die oben besprochene magnetische Einwirkung des Mondes ist es offenbar am wahrscheinlichsten,

[1]) Ueber die Nothwendigkeit dieser Nichtcoincidenz und ihre physische Ursache vergleiche man das oben (S. 377) hierüber Bemerkte.

dass bei der Sonne beide Arten der Einwirkung stattfinden, nämlich die directe magnetische und ausserdem, wie beim Monde, die dynamische, in Erregung einer Druckwelle im glühend-flüssigen Erdinnern, die nach der entwickelten Theorie allein ausreichend sein würde, eine Variation der magnetischen Constanten zu erzeugen. Man ersieht auch aus dem oben von Lloyd hervorgehobenen Unterschied zwischen der täglichen Sonnen- und Mondperiode, dass die letztere den allgemeinen Charakter der Fluthwelle mit ihren zwei Maximis und zwei Minimis innerhalb eines Tages wiederspiegelt.

Dass nun die Sonne in der That durch ihre Rotation und durch die hierbei stattfindende periodische Variation ihrer beiden magnetischen Pole eine magnetische Induction von der angedeuteten Art auf die Erde ausübt, wird durch eine vor Kurzem in den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie zu Wien (Juniheft 1871) von dem Director der kaiserl. Sternwarte in Prag, Hrn. Carl Hornstein publicirte Abhandlung: „Ueber die Abhängigkeit des Erdmagnetismus von der Rotation der Sonne“ bestätigt.

Hornstein legt vollkommen rationell als Rotationszeit der Sonne diejenige zu Grunde, welche sich aus den Beobachtungen von Carrington und Spörer für die Aequatorialzone ergeben. Denn da nach den in meiner Abhandlung „über das Rotationsgesetz der Sonne“ entwickelten physischen Ursachen die eigenthümliche Verschiedenheit in der Rotationsdauer verschiedener heliographischer Breiten nur durch die verzögernde Friction der polaren Unterströme in der Sonnen-Atmosphäre erzeugt wird, so ist klar, dass selbst die am schnellsten rotirende Zone am Aequator der Sonne noch ein wenig hinter derjenigen zurückbleiben wird, welche dem inneren, normal wie eine Kugel rotirenden Kerne entspricht, und mit welchem die Strömungspole, die den entwickelten Anschauungen gemäss gleichzeitig die magnetischen Pole sind, nothwendig zusammenhängen.

Hornstein bemerkt bei Erwähnung der gesetzmässigen Unterschiede der Rotationen in verschiedenen heliographischen Breiten Folgendes:

„Will man nicht Annahmen machen, welche den Grundsätzen der Mechanik widerstreiten, so wird man wohl die aus den Flecken der Aequatorialzone erhaltene Rotationszeit:

24.541 Tage

oder eine wenig von ihr verschiedene als die der wahren Rotationszeit der Sonne am nächsten kommende gelten lassen müssen."

Alsdann setzt Hr. Hornstein die Gründe auseinander, welche ihn zuerst auf den Gedanken geführt haben, dass möglicherweise die magnetischen Veränderungen an der Erdoberfläche eine Abhängigkeit von der Rotationsdauer der Sonne erkennen lassen.

Die betreffenden Worte Hornstein's sind folgende:

„Man hat bekanntlich in den letzten Jahrzehnten zu wiederholten Malen beobachtet, dass auffallende Veränderungen auf der Sonnenoberfläche mit grösseren Aenderungen der Richtung und Stärke des Erdmagnetismus gleichzeitig stattfanden. Ferner ist durch wichtige Arbeiten von Sabine, Wolf, Lamont u. A. nachgewiesen, dass die Jahresmittel der täglichen Variation der magnetischen Declination dieselbe 11jährige Periode zeigen, wie die Sonnenflecke, und dass ein Gleiches auch von den Variationen der horizontalen Intensität gelten dürfte; ein Beweis, dass veränderte Zustände auf der Sonnenoberfläche (welche wahrscheinlich nur Folgen von gewaltigen Umwälzungen innerhalb des Sonnenkörpers selbst sind) Aenderungen in den Elementen der erdmagnetischen Kraft herbeiführen. Verschiedene Zustände auf der Sonnenoberfläche finden aber nicht nur nach einander statt, im Verlaufe der 11jährigen Periode der Sonnenflecken; sie sind auch gleichzeitig neben einander vorhanden, wenn man Regionen von beträchtlich verschiedener heliographischer Länge in der Fleckenzone in's Auge fasst. Da nun während einer Rotation der Sonne nach und nach alle diese Regionen sich der Erde zuwenden, und innerhalb dieser Periode jeder Punct der genannten Zone seine Entfernung von der Erde nahe um den ganzen Durchmesser der Sonne ändert, so bin ich auf den Gedanken gekommen, zu untersuchen, ob sich nicht periodische Veränderungen in den Elementen des Erd-

magnetismus zeigen, bei welchen die Dauer einer Periode gleich ist der synodischen Rotationszeit[1]) der Sonne oder einem aliquoten Theile derselben.

Ich habe diese Untersuchung auf alle drei Elemente, Declination, Inclination und horizontale Intensität ausgedehnt, und es hat sich aus der Discussion mehrjähriger Beobachtungen in Prag, Wien und an anderen Orten ergeben, dass die Aenderungen jedes der drei Elemente der erdmagnetischen Kraft eine Periode von nahe $26^1/_3$ Tagen andeuten, eine Periodicität, die wohl kaum anders als durch Einwirkung der Sonne erklärt werden könnte."

Nachdem Hr. Hornstein hierauf das von ihm eingeschlagene Verfahren bei Discussion der Beobachtungen auseinandergesetzt und durch Zahlenwerthe erläutert hat, fährt er p. 10 mit folgenden Worten fort:

„Nachdem die Existenz einer in nahe 26 Tagen erfolgenden Oscillation in den Elementen der erdmagnetischen Kraft wohl unzweifelhaft nachgewiesen ist, und ich kein Bedenken trage, dieselbe als die Wirkung der Sonne anzusehen, habe ich die schon oben erwähnte grosse Unregelmässigkeit in Erwägung gezogen, welche sich bei allen periodischen Erscheinungen auf der Sonne, so wie bei allen, mit diesen im Zusammenhange stehenden Phänomenen zu erkennen giebt. In der That würde das hier in Anwendung gebrachte Verfahren, welches um so genauere Resultate liefern wird, je regelmässiger die zu untersuchende periodische Erscheinung und je beständiger die Periode derselben ist, mit nur mässigem Erfolge verknüpft sein, wenn man es z. B. zur genaueren Ermittelung der 11jährigen Periode der Sonnenflecken anwenden wollte. Ich habe mir daher zunächst noch die Frage vorgelegt, ob es wohl gestattet sei, den mittleren Zustand des Sonnenkörpers im Allgemeinen

---

[1]) D. h. die mit Berücksichtigung der Erdbewegung erforderliche Zeit, welche ein Punct der Sonne gebraucht, um wieder in die gleiche Lage zur Erde zu gelangen. Da die Bewegung der letzteren mit der Richtung der Rotation der Sonne übereinstimmt, so ist die synodische Rotationszeit natürlich grösser als die siderische oder absolute. Unter Annahme des obigen Werthes für die absolute Rotationszeit beträgt die synodische Rotation der Sonne c. 26.33 Tage.

während einer Reihe von Rotationen als so beständig vorauszusetzen, dass die Anwendung dieses Rechnungsverfahrens noch zu billigen ist. Es wurden aus den Declinationsbeobachtungen in Prag die fünf Perioden umfassenden Beobachtungen vom 19. April bis Ende August 1870, ferner die vier Perioden umfassenden Beobachtungen vom 1. September 1870 bis Anfang 1871 herausgehoben und getrennt auf graphischem Wege behandelt. Sie ergaben für die Oscillation:

(April bis August) $0.8 \sin (x+90^0)$ $x=0$ am 6. Mai
(Sept. bis Dec.) $0.8 \sin (x+90^0)$ $x=0$ am 14. Sept.

Die Amplitude ist also durch viele Monate unverändert geblieben. Die Periode ergiebt sich aber auf diesen Wege etwas kleiner, nämlich $T=26.20$ Tage. Dieses Resultat ist der Annahme eines längere Zeit andauernden Beharrungszustandes der Sonnenkraft theilweise günstig.

„Mehr entscheidend wäre aber die Vorausberechnung oder Rückwärtsberechnung des periodischen Ganges der Declination für ein anderes mit Hülfe der Resultate des Jahres 1870. Um hierzu zu gelangen, habe ich zuvörderst einen Mittelwerth für T abgeleitet. Es wurden nämlich gefunden:

Aus der Declin. 1870 in Prag	(berechnet).....	$T=26.69$ Tage
„ „ „ „ „ „	(graphisch).....	26.20 „
„ „ „ „ „ Wien	(berechnet).....	26.39 „
„ „ Inclin. „ „ Prag	(berechnet).....	26.03 „

Das Mittel, nämlich:

$$T=26.33 \text{ Tage}$$

kann vorläufig als der wahrscheinlichste Werth der Periode und als das Resultat der ersten Versuche, die (synodische) Rotationzeit der Sonne mit Hilfe der Magnetnadel zu bestimmen, betrachtet werden.

Die wahre Rotationszeit der Sonne ergiebt sich hieraus = 24.55 Tage, also fast genau übereinstimmend mit dem Werthe, welcher für die Rotationszeit der Sonnenflecke in der Aequatorialzone der Sonne aus astronomischen Beobachtungen (nach Spörer) gefunden wurde.

Ich habe nun eine Reihe von Jahrgängen der magnetischen Beobachtungen in Prag, Wien, Kremsmünster, Dublin, Toronto, St. Helena u. a. graphisch dargestellt, theilweise auch der Rechnung unterzogen, und in Bezug auf die $26^1/_3$ tägliche Periode untersucht."

Die beiden Tafeln, welche der Abhandlung beigegeben sind und hier nicht reproducirt werden können, veranschaulichen durch das graphische Verfahren die erwähnte Periodicität. Indem zu den Werthen einer punctirten Linie, die aus den Monatsmitteln der Declination construirt ist, die periodischen Oscillationen hinzugefügt und die so erhaltenen Werthe durch eine rothe Linie verbunden wurden, bemerkt Hornstein, auf diese letztere Linie Bezug nehmend, Folgendes:

„So entstand die rothe Linie, welche (mit geringen Ausnahmen am Ende des Jahres 1869) noch am Anfange 1869, d. h. wenn man von der Mitte 1870 um volle 20 Rotationen der Sonne zurückgeht, mit wirklichem Gange der Declination in Uebereinstimmung ist, eine Bestätigung der Annahme, dass durch viele Rotationen hindurch eine Art Beharrungszustand in der Sonne herrschte, welchem zufolge, trotz grosser Umwälzungen von demselben Theile des Sonnenkörpers, nahe dieselbe Wirkung ausgeübt wurde."

Ich habe mir erlaubt, diese wichtige und für die Erkenntniss der zwischen Sonne und Erde bestehenden magnetischen Beziehungen jedenfalls Epoche machende Untersuchung Hornstein's deshalb so ausführlich mitzutheilen, weil sie, abgesehen von ihrer soeben erwähnten Bedeutung, wiederum einen Beweis für die bisher entwickelten Anschauungen von den physischen Ursachen der magnetischen Fernewirkung der Weltkörper liefert.

Dass die von Hornstein im Eingange seiner Arbeit erwähnten Vorgänge auf der Sonnenoberfläche nicht die Ursache der von ihm entdeckten Periodicität sein können, lässt sich auch ohne Berücksichtigung der von ihm selber empfundenen Schwierigkeit, die Constanz der magnetischen Wirkung einer bestimmten Stelle des Sonnenkörpers daraus zu erklären, leicht nachweisen.

Gesetzt, wir stellten in der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne eine Magnetnadel auf, deren Länge gleich dem

Erddurchmesser wäre. In der günstigen Lage würde dann eine magnetisirbare Masse auf der Sonne dem einen Ende der Magnetnadel nur um $^1/_{11696}$ näher als dem andern, und daher die Wirkung eine verschwindende sein. Es können daher auch nicht die Variationen dieses Verhältnisses, welche durch die Veränderung der Entfernung um die Grösse des Sonnendurchmessers entstehen, wahrgenommen werden, ganz abgesehen davon, dass bei einer localen magnetischen Erscheinung auf der Oberfläche der Sonne stets beide Magnetismen auftreten müssten, die sich bei ihrer merklich gleichen Entfernung von der Erde in ihren Wirkungen vollständig aufheben würden.

Ganz anders gestalten sich dagegen die Verhältnisse, wenn man die Sonne selber als einen grossen Magneten betrachtet, welcher, da er nicht mit der Rotationsaxe zusammenfällt, ebenso wie die magnetische Erdaxe in Folge der Rotation des Himmelskörpers eine Nutation erleidet. Nimmt man z. B. an, die magnetischen Pole der Sonne hätten heliographische Breiten von 70°, ähnlich derjenigen des magnetischen Nordpoles des Erde, so würde die dadurch bei der Rotation der Sonne eintretende Variation ungefähr 1 Procent der von der Sonne auf die Erde ausgeübten magnetischen Gesammtkraft betragen. Gleichzeitig ergiebt sich unter dieser Annahme (die nach der entwickelten Theorie eine physikalische Consequenz der zu Grunde gelegten Prämissen ist) die oben von Hornstein discutirte Constanz der Lage der magnetisch wirksamen Puncte ebenfalls als eine physisch nothwendige Eigenschaft des Sonnenkörpers.

Wenn aber die Sonne durch die im Laufe des Jahres stets ungleiche Entfernung ihrer beiden magnetischen Pole von der Erde auf die letztere magnetisch inducirend wirkt, so ist klar, dass die mittlere Neigung der magnetischen Erdaxe, oder besser der Strömungsaxe, von beträchtlichem Einfluss auf die Stärke der magnetischen Induction der Erde sein muss. Es wird daher sowohl von der Lage als auch der relativen Intensität der magnetischen Pole der Erde abhängen (möglicherweise auch von den secundären Einflüssen der Erwärmung und Abkühlung im Sommer und Winter, welche

Modificationen die periodischen Variationen im Laufe des Tages oder des Jahres erleiden.

Dass die Temperaturvertheilung an der Erdoberfläche nach der bisher entwickelten Theorie einen Einfluss auf die inneren Gluthströme äussern muss, ist selbstverständlich. Ob wir diesen Einfluss an den dadurch bedingten magnetischen Veränderungen wahrnehmen können, hängt von seiner Stärke ab und kann nur empirisch, nicht *a priori* entschieden werden. Es liegen indessen bereits Beobachtungen vor, welche, wie mir scheint, nur auf einen Einfluss der Temperaturvertheilung oder der inneren Configuration der Erdkruste zurückgeführt werden können.

So hat Sabine[1]) bei seinen magnetischen Beobachtungen auf Spitzbergen die Abhängigkeit der täglichen Declinationsvariation vom Stande der Sonne viel regelmässiger und bestimmter als an anderen Puncten hervortretend gefunden. Der Referent in Gehler's Wörterbuch (Bd. VI. S. 1097) bemerkt hierüber Folgendes:

„Es ist allerdings merkwürdig, dass an diesem Orte, wo der ungleiche Einfluss des Landes und des Wasser wegfällt, indem die ganze Umgebung beinahe eine zusammenhängende Eismasse bildet, die Variation genau mit dem Laufe der Sonne zusammenfällt, was für die Ableitung des Magnetismus durch die Sonnenstrahlen als gewichtiges Argument dienen könnte."

Auf eine ähnliche Beziehung einer permanenten Temperaturvertheilung an der Oberfläche der Erdrinde zu den im Innern stattfindenden Bewegungen der glühend-flüssigen Masse deuten die Resultate der von Lenz[2]) veröffentlichten Untersuchung einer unregelmässigen Vertheilung des Erdmagnetismus im nördlichen Theile des finnischen Meerbusens."

In einem Referate bemerkt Lamont[3]) über die Resultate jener Untersuchung Folgendes:

---

[1]) *Sabine, An account of Experiments to determine the figure of the Earth London 1825. (4) p. 500.*

[2]) *Lenz, Mémoires de l'Acad. de St. Pétersbourg V. 3. p. 1—38.*

[3]) Fortschritte der Physik im Jahre 1863. S. 594 ff.

„Die in den Berliner Berichten 1860., S. 654 angezeigte Abhandlung von Hrn. Lenz über die Localstörungen am Eingange des finnischen Meerbusens ist nun erschienen und enthält genaue Angaben über die Instrumente und Reductionsmethoden, dann die unmittelbaren Beobachtungsresultate und die daraus berechneten Werthe der drei rechtwinkligen magnetischen Componenten. Als Resultat ergiebt sich, dass man die Insel Jussar-oe als einen grossen natürlichen Magneten betrachten müsse, dessen Nordpol nordwestlich und dessen Südpol südöstlich sich befindet, jedoch werden durch eine solche Hypothese die Erscheinungen nur im Allgemeinen erklärt, und wenn auf das genauere Detail eingegangen wird, so findet man, dass auf der Insel selbst die Vertheilung des Magnetismus nicht regelmässig ist, und dass die abnorme Vertheilung nicht auf den Umfang der Insel und ihre unmittelbare Umgebung sich beschränkt, sondern über einen sehr weiten Umkreis sich ausdehnt. Es würde von Interesse sein, die Untersuchung noch weiter zu verfolgen und insbesondere am südlichen Ufer des finnischen Meerbusens, wo bereits das Vorhandensein einer localen Störung nachgewiesen ist, Beobachtungen anzustellen. Hr. Lenz sucht die Ursache der Störungen in den mächtigen Eislagern, die hier vorgefunden werden . . .“

20.

Es würde offenbar als eine Stütze meiner Anschauungsweise betrachtet werden können, wenn mit Berücksichtigung der derselben zu Grunde liegenden Voraussetzung einer bestimmten Temperaturvertheilung auf der Sonnenoberfläche, derartige periodische Schwankungen auch in der Wärmestrahlung der Sonne nachgewiesen werden könnten, welche mit ihrer Rotationsdauer zusammenhängen. Da jedoch die Wärme keine polaren Fernewirkungen ausübt und nach meiner Theorie die Strömungspole an der Sonnenoberfläche die kältesten Stellen sein müssen, so würde man bei der Nutation der Kältepole der Sonne ein doppeltes Minimum der Strahlung erwarten dürfen, dessen relative Grösse mit Berücksichtigung der Neigung der Rotationsaxe der Sonne zur Ebene der Erd-

bahn auch von der Jahreszeit abhängen würde. Da die Wärme keine polaren Eigenschaften besitzt, so würde auch hierbei die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sein, dass die Temperaturen beider Hemisphären der Sonne und folglich auch ihrer Kältepole, verschiedene Werthe besitzen.

Diesen Folgerungen aus der Theorie erlaube ich mir hier die Resultate einer umfangreichen und bezüglich ihrer Zuverlässigkeit hinreichend durch den Namen des Autors verbürgten Untersuchung „Ueber die ungleiche Wärmevertheilung auf der Sonne“[1]) von Professor D'Arrest, gegenwärtig Director der Sternwarte in Kopenhagen, mitzutheilen.

(79—81) „Dass die Sonne unter verschiedenen heliocentrischen Breiten in ungleichem Grade Wärme erregt, ist bekanntlich neuerdings auf thermoelectrischem Wege von Prof. Secchi in Rom nachgewiesen worden. Die Abnahme der Wärme vom Sonnenäquator nach den Polen hin, welche aus jenen mehrfach wiederholten in den *Comptes Rendus* mitgetheilten Beobachtungen unzweifelhaft hervorgeht, erinnert an die bereits im Jahre 1845 von Prof. Nervander in Helsingsfors nachgewiesene Ungleichheit der erwärmenden Kraft, welche sich unter verschiedenen Längengraden der Sonne merklich macht, und die sich in Folge der Sonnenrotation in den Temperaturbeobachtungen ausspricht, wenn man dieselben in passender Weise für einen so grossen Zeitraum combinirt, dass die jährliche und die tägliche Periode aus den Mitteln als eliminirt betrachtet werden dürfen. Im dritten Bande der Bulletins der ph.-math. Classe der Petersburger Academie hat Nervander namentlich gezeigt, dass aus den Pariser Temperaturbeobachtungen von 1816 bis 1839 der Coefficient der von der Rotation der Sonne abhängigen Ungleichheit 0,302 Centesimalgrade beträgt, so dass der Unterschied zwischen den von andern Ungleichheiten befreiten Temperaturen, je nachdem der wärmste oder der kälteste Meridian der Erde zugewandt ist, 0.604 C. Grade ausmacht. In derselben Abhandlung wird diese Grösse aus den in Innsbruck von 1777

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, Sitzung am 2. Juli 1853.

bis 1828 angestellten Beobachtungen in völliger Uebereinstimmung mit Obigem zu 0.60 C. Grade ermittelt. Man hat diesem Ergebniss den Einwand entgegengestellt, dass die nur an zwei einzelnen Orten ermittelte Periodicität nicht über das wirkliche Vorhandensein einer von der Umdrehung der Sonne direct abhängigen Ungleichheit entscheiden könne; dieselbe wird aber jedenfalls erheblich an Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn sich unter sehr verschiedenen klimatischen Verhältnissen eine Periodicität von derselben oder nahezu derselben Grösse herausstellen sollte.

In diesem Sinne sind seit 1845 nur die Mailänder Mittagsbeobachtungen der Temperatur von Carlini behandelt worden; einigen andern Abhandlungen, welche in der Zwischenzeit über diesen Gegenstand in Poggendorff's Annalen bekannt geworden sind, kann man eine so einfache directe Vergleichung nicht entnehmen, welche erst über das Vorhandensein der Ursache entscheiden soll, bevor irgend eine Folgerung daraus zulässig erscheinen kann. Carlini hat im sechsten Bande des Journals des Lombardischen Instituts die von der Rotation der Sonne herrührende grösste Ungleichheit aus den Mailänder Beobachtungen 0.712 C. Grade gefunden. Die Uebereinstimmung dieser Zahl mit den beiden obigen aus Pariser und Innsbrucker Beobachtungen hervorgegangenen Werthen kann um so überraschender erscheinen, wenn man bedenkt, dass der Einfluss der ungleichen Erwärmung, so weit eine solche aus einer wirklichen Ungleichheit der wärmeerregenden Kraft nach den Längengraden der Sonne hervorgeht, sich in der That unter höheren geographischen Breiten ein wenig geringer zeigen muss. Die Discussion der Mailänder Beobachtungen umfasst die Jahre 1835 bis 1844.

In ganz ähnlicher Weise werde ich in diesem Aufsatze aus den auf der Königsberger Sternwarte während der Jahre 1827 bis 1837 im Mittag angestellten Temperaturbeobachtungen, unter Annahme eines möglichen Einflusses der Sonnenrotation, den Coefficienten der Periode bestimmen. Indem ich von demjenigen Sonnenmeridian M ausgehe, der am 1. Januar 1827 zur Zeit des Königsberger Mittags der Erde zugekehrt war, habe ich in den folgenden Tafeln, unter Zugrundelegung der

geometrischen Umdrehungszeit der Sonne von 27.26 mittleren Tagen,[1]) in der ersten Gruppe diejenigen Tage und Temperaturen zusammengestellt, welche der Reihe nach zu demselben Meridiane M gehören. Die zweite Gruppe vereinigt die Tage und Temperaturen, welche dem Längengrade der Sonne $M+120^0$ entsprechen, und ebenso sind in der dritten für jedes Jahr, die zum Längengrade $M+240^0$ gehörigen Zeiten und Thermometergrade vereinigt."

Nach einer ausführlichen Darlegung des benutzten Beobachtungsmaterials und seiner Behandlung beschliesst D'Arrest diese Untersuchung mit einer übersichtlichen Zusammenstellung der erhaltenen Resultate in folgender Weise:

(99. 100) „Es stehn also für Berlin im Mittag und in Réaumur'schen Graden die Summen für die einzelnen Jahre so:

	I. Gruppe	Beobb.	II. Gruppe	Beobb.	III. Gruppe	Beobb.	IV. Gruppe	Beobb.
1836—37	118.1	14	127.7	14	82.0	13	87.2	13
1837—38	82.0	13	93.4	13	86.6	14	112.9	14
1838—39	125.1	14	97.4	13	95.6	13	93.5	13
1839—40	98.9	13	126.3	14	108.3	14	112.5	13
1840—41	97.4	13	103.7	13	98.8	13	116.4	14
1841—42	125.1	14	138.2	14	111.4	13	110.1	13
1842—43	101.1	13	113.6	13	132.5	14	116.1	14
1843—44	117.0	14	131.5	13	107.0	13	100.9	13
1844—45	94.1	13	100.1	14	98.9	14	89.2	13
1845—46	126.1	14	115.3	13	132.7	13	131.8	14
Summen	1085.1	135	1147.2	134	1053.8	134	1070.6	134

Man hat danach für den Meridian M, der im Berliner Mittag des 1. Juli 1836 der Erde zugewandt war,

mittlere Temperatur in Centesimalgraden 10.0475

[1]) Diese Periode, welche den besseren in neuerer Zeit abgeleiteten sehr nahe entspricht, habe ich bei der Unbestimmtheit, welche in diesem Elemente noch besteht, mit Nervander und Carlini (an den a. O.) gemeinschaftlich genommen, um das Resultat aus den Königsberger Beobachtungen um so vergleichbarer zu machen mit den Ergebnissen für Paris, Innsbruck und Mailand.

für den Meridian $M+90^0$ in Centesimalgraden 10.6989
„ „ „ $M+180^0$ „ „ 9.8300
„ „ „ $M+270^0$ „ „ 9.9863

Werthe, deren blosser Anblick zeigt, dass die vorliegenden Beobachtungen, weit entfernt sich den oben aufgeführten Coëfficienten anzuschliessen, auf das Vorhandensein einer beträchtlich grössern, von der Sonnenrotation abhängigen, Ungleichheit im Gange der Temperatur hindeuten würden. Bei der offenbaren Unmöglichkeit, die vier Werthe, auf welche die zehnjährigen Berliner Beobachtungen nun zurückgeführt sind, durch drei Contanten, wie oben für Königsberg geschehn, in irgend erträglicher Weise zu vereinigen, bleibt nichts übrig, als durch dieselben eine interpolirende Linie etwa von folgender Form zu legen:

Mittlere Temperatur $= 10.1406 + 0.3724 \sin (16^0\ 59' + m)$
„ „ $- 0.3615$ „ $(33^0\ 57' + 2m)$

wo die Grade hunderttheilige sind und m wiederum in 27.26 mittleren Tagen den Umkreis durchläuft. Wie man sieht, hat die Curve zwei Maxima und zwei Minima, die sich aus der Gleichung bestimmen

$$\frac{\cos (16^0\ 59' + m)}{\cos 2\,(16^0\ 59' + m)} = 2.9377.$$

Die Auflösung giebt

$$\cos (16^0\ 59' + m) = + 0.12753 \mp 0.71850$$

und damit sogleich

erstes Minimum . .	10.0130 C.	für $m =$	$15^0\ 14'$
absolutes Maximum	10.7857	„ „	109 15
„ Minimum	9.4955	„ „	246 47
zweites Maximum .	10.2682	„ „	310 48

Es scheint immerhin bemerkenswerth, dass schon Nervander *(Bulletins III.* S. 14) das Vorhandensein von wenigstens zwei Maximis und zwei Minimis vermuthete. Muss man sich nun begnügen, das Vorhandensein einer Variation, und, wie es den Anschein hat, einer Variation ohne gleichmässige Zu- und Abnahme aus den verschiedenen Beobachtungsreihen, die bisher von diesem Gesichtspuncte aus discutirt wurden, nachgewiesen zu haben, ohne gleichwohl den Coëfficienten der Ungleichheit aus Thermometerbeobachtungen

zuverlässig festsetzen zu können; so drängt sich andererseits die Bemerkung auf, dass, wenn die Sonne, was ihre Wärme betrifft, zu den veränderlichen Sternen gehört, das Vorhandensein von je zwei grössten und kleinsten Werthen eine Analogie mit den Lichterscheinungen von β Lyrae böte."[1])

Es ist selbstverständlich, dass die nun eröffnete Hoffnung auf Bestimmung der Lage der Kälte-Pole der Sonne, die nach meiner Theorie mit ihren magnetischen Polen zusammenfallen müssen, viel zweckmässiger direct durch actinometrische als durch thermometrische Beobachtungen der Lufttemperatur realisirt werden kann. Möge man daher auf den zahlreichen meteorologischen Stationen solche actinometrische Beobachtungen an jedem heiteren Tage anstellen, was für den vorliegenden Zweck ganz einfach in der Weise geschehen kann, dass man, wie beim Psychrometer, zwei nahe befindliche Thermometer vergleicht, von denen die Kugel des einen beschattet, die andere eine bestimmte Zahl von Secunden der directen Bestrahlung durch die Sonne ausgesetzt wird. Die während dieser Zeit erzeugte Ausdehnungsdifferenz des Quecksilbers giebt ein Mittel zu relativen Intensitätsbestimmungen der Wärmestrahlung der Sonne. Dass die Sonnenhöhe ähnlich wie bei photometrischen Beobachtungen durch eine empirisch angefertigte Extinctionstabelle berücksichtigt werden muss, ist selbstverständlich. Auf diesem Wege werden sich dann auch in verhältnissmässig kurzer Zeit die

---

[1]) Wenn Airy in den Astronomischen Nachrichten No. 934 durch eine ähnliche Discussion der Thermometerbeobachtungen auf der Sternwarte zu Greenwich von nur 6 Jahren (1848—1853) kein entscheidendes Resultat erhält, so dürfte dies einerseits auf die veränderte Behandlungsweise des Beobachtungsmaterials, andererseits auf klimatische Verschiedenheiten zurückzuführen sein. Denn es ist klar, dass jener Effect der verschiedenen Strahlung der Sonne um so weniger in den Temperaturen der Luft bemerklich sein wird, je wasserdampfreicher und durch Wolken und Nebel getrübter dieselbe ist. Deshalb scheint mir auch die von D'Arrest getroffene Wahl der direct am Mittag beobachteten Temperaturen, — also derjenigen, auf welche die Strahlung der Sonne am meisten Einfluss hat, — bei Weitem rationeller zu sein, als die von Airy benutzten Tagesmittel der Temperaturen.

durch die Sonnenfleckenperiode erzeugten Veränderungen in der thermischen Energie der Sonne nachweisen lassen.

21.

Dass nun in der That die mehrfach erwähnten Strömungspole nicht mit den Rotationspolen der Sonne zusammenfallen und dass wirklich Strömungen in der Sonnenatmosphäre existiren, wie ich sie bereits in meiner Abhandlung „über die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken" am 12. December 1870 aus allgemeinen physikalischen Gesetzen abgeleitet und später in meiner Abhandlung „über das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten" (11. Februar 1871) zur Erklärung der von der heliographischen Breite abhängigen Rotationsgeschwindigkeit der Sonnenflecken benutzt habe, — dass alle diese von mir theoretisch deducirten Erscheinungen unerwartet schnell ihre empirische Bestätigung finden, geht theils aus den neuesten Beobachtungen Secchi's, theils aus noch nicht publicirten Mittheilungen von Prof. Spörer in Anclam und Dr. Vogel in Bothkamp hervor. Ich will mich jedoch hier nur auf die von P. Secchi der Pariser Akademie am 24. Juli und 4. September 1871 mitgetheilten Resultate beschränken.

Pater Secchi bemerkt zunächst in seiner ersten Mittheilung:[1]) *„L'étude des protubérances nous a dévoilé des courants très-violents, qui dominent au-dessus de la chromosphère. J'ai fait une attention particulière à la direction de la courbure des jets les plus élevées, et j'ai trouvé que, en général, de l'équateur aux latitudes moyennes, la direction dominante est tournée vers les pôles."*

In der zweiten Abhandlung[2]) theilt Pater Secchi eine grosse Zahl von Protuberanzen mit, von denen die dem Strömungsgesetze entsprechenden mit +, die ihm widersprechenden mit — bezeichnet sind. Die betreffende Stelle, welche am Schlusse zugleich auch die Nichtcoïncidenz der Strömungs-

[1]) *Comptes rendus T. LXXIII. p. 242 ff.*
[2]) *Ibidem p. 595 ff.*

und Rotationspole der Sonne ausspricht, lautet folgendermassen:

„Je rappellerai que la loi supposée à verifier était celle d'un entraînement général des protubérances élevées de l'équateur vers les pôles, de sorte que, dans les latitudes moyennes, nous devions rencontrer les inclinaisons dirigées vers les pôles: à l'équateur, on devait avoir une direction variable, et aux pôles une inclinaison nulle.“

„Le résultat obtenu a été le suivant: pendant quarante-deux jours d'observations, on a obtenu:

+	*Protubérances conformes à la loi . . .*	403	*Rapport* 2.92 : 1.00
—	- *discordantes . . . . .*	138	
±	*Protubérances situées surtout près des pôles*	102	

„Ces chiffres sont évidemment très-favorables à la loi hypothétique dont nous sommes partis; mais sa probabilité paraîtra encore plus remarquable après quelques réflexions.

1°. Un grand nombre des discordances vient de ce que, comme on l'aperçoit clairement sur les figures, le grand tourbillon général (pour l'appeler ainsi) qui enveloppe le soleil n'est pas concentrique à l'axe géométrique de rotation, de sorte que le pôle de rotation reste tantôt à droite, tantôt à gauche du pôle de circulation. On reconnaît très-bien le pôle de circulation, car à ses extrémités les filets des protubérances sont ou presque verticaux ou absolument verticaux, tandis qu'à droite et à gauche ils sont fortement inclinés. Nous n'avons pas tenu compte de cette particularité, et les exceptions paraissent plus nombreuses.

2°. Une autre irrégularité provient de ce que l'activité solaire n'est pas actuellement la même dans les deux hémisphères, et il arrive que l'hémisphère le plus actif entraîne la circulation au delà de la limite équatoriale (comme il arrive chez nous pour les vents alizés), et il en résulte que l'équateur ne divise pas en deux régions égales les zones de circulation.

3°. Enfin il faut tenir compte de l'influence des taches, qui troublent considérablement cette circulation.“

Diese von P. Secchi aus zahlreichen und sorgfältig angestellten Beobachtungen abgeleiteten Thatsachen haben für Hrn. Faye keine Bedeutung. Denn in einer mir während

des Druckes dieser Zeilen zu Gesicht gekommenen Mittheilung an die Pariser Academie bemerkt Hr. Faye[1]) Folgendes:

„C'est ainsi qu'on a cru récemment trouver une indication favorable à l'existence de ces courants dans les directions si variées des jets d'hydrogène incandescent émis par la chromosphère. . . . . .

D'ailleurs la seule inspection des dessins déjà publiés en grand nombre suffit, aux esprits non prévenus, pour faire évanouir toute idée de courants généraux dans la chromosphère.“

Um jedoch zu beweisen, dass der von Hrn. Faye gegen Pater Secchi geäusserte Verdacht, derselbe sei bei seinen Beobachtungen präoccupirt gewesen und gehöre bezüglich jener Strömungen in der Sonnenatmosphäre zu den *„esprits prévenus“*, ein ungerechtfertigter ist, erlaube ich mir zu bemerken, dass ich von Pater Secchi schon im April d. J. einen Brief erhielt, *d. d. Rome, 28. Avril 1871*, in welchem er mich um die Zusendung meiner oben erwähnten Abhandlung „über das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten“ ersuchte, worin ich noch einmal in ausführlicher Weise die theoretische Ableitung jenes Circulationsgesetzes der Sonnenatmosphäre gegeben habe, dessen physikalische Ursachen zuerst in meiner Abhandlung[2]) vom 12. December 1870 enwickelt wurden.

---

[1]) *Comptes rendus T. LXXIII. p. 1128.* Wenn Hr. Faye in dieser Mittheilung bei einer Kritik meiner Abhandlung „über das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten“ die Behauptung ausspricht: *„Suivant M. Zöllner, le soleil bien loin d'être à l'état gazeux, est entièrement solide, sauf une mince couche liquide, semblable à de la lave en fusion, qui le recouvre entièrement“*, so erlaube ich mir zu bemerken, dass diese Anschauung vom Aggregatzustande der Sonne von mir niemals ausgesprochen worden ist, so dass jene Behauptung des Herrn Faye nur durch eine oberflächliche Lectüre meiner Arbeit entstanden sein kann. Selbstverständlich fallen hiermit alle diejenigen Argumente, welche Hr. Faye auf Grund jener mir fälschlich vindicirten Anschauung gegen meine Theorie der physischen Beschaffenheit der Sonne anführt.

[2]) Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecken. Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzung am 12. December 1870. (Vgl. S. 69 ff.)

Die betreffenden Worte Secchi's in jenem an mich gerichteten Briefe lauten folgendermassen:

„M. Schellen de Cologne me donne la nouvelle que vous avez fait un travail très intéressant sur la rotation du Soleil. Comme tout ce qui vient de vous est très intéressant pour moi, ... je vous prie de me faire savoir où, et comment je pourrai me procurer cet intéressant travail.“

Ich sandte hierauf umgehend die gewünschte Abhandlung nach Rom.

Hätte nun Pater Secchi seine so höchst verdienstvollen Beobachtungen in der Absicht und mit dem Wunsche unternommen, das dort theoretisch von mir entwickelte Circulationsgesetz der Sonnenatmosphäre zu bestätigen, so würde er es ohne Zweifel nicht unterlassen haben, hierbei meine ihm bekannten Abhandlungen und die darin als nothwendig gefolgerte Existenz jener Strömungen zu erwähnen.

Wie man sieht, wird durch diesen Umstand der Werth und die Bedeutung der Secchi'schen Beobachtungsresultate für meine Theorie noch wesentlich erhöht, indem hierdurch für alle *„esprits non prévenus“* die Wahrscheinlichkeit jener Theorie und der ihr zu Grunde liegenden Ursachen als durch zwingende Thatsachen der Beobachtung unterstützt erscheinen muss.

Wenn nun auf den grossen Planeten, Jupiter und Saturn, wie ich dies aus verschiedenen Gründen wahrscheinlich gemacht habe,[1]) durch eine gegenwärtig noch hohe Temperatur ihrer Oberflächen dieselben wesentlichen Bedingungen zur Entwickelung der grossen Circulation ihrer Atmosphären und flüssigen Bestandtheile vorhanden sind, so werden auch hier die Strömungspole nicht mit den Rotationspolen zusammenfallen. Es ist dann aber klar, dass ein dem Strömungsäquator paralleler Streif in der Gegend seiner Durchschnittspuncte mit dem Rotationsäquator nach einer halben Umdrehung eine Richtungsänderung um den doppelten Neigungswinkel der beiden Axen erleiden muss. Demgemäss würden genaue Be-

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzung am 11. Februar 1871. (Vgl. S. 155.)

stimmungen der Positionswinkel der Streifen auf den grossen Planeten eine von ihrer Rotationsdauer abhängige Periode zeigen müssen und sich daher auch zur Bestimmung der Rotationszeiten jener Planeten eignen. Auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp werden demnächst derartige Untersuchungen in Angriff genommen werden.

Es ist klar, dass dann die Vorgänge in den oberflächlichen Strömungsprocessen der grossen Planeten durch dasselbe Band mit den Vorgängen auf der Sonnenoberfläche verknüpft sein müssen, wie die inneren Gluthströme unseres eigenen Planeten mit der Fleckenperiode der Sonne. Es dürfte also bei den heftigen Bewegungen und den mannigfach wechselnden Gestaltungen auf der Oberfläche Jupiters zu erwarten sein, auch in diesen Veränderungen eine mit der Häufigkeit der Sonnenflecke zusammenhängende Periode wiederzufinden.

22.

Ueberblickt man die Mannigfaltigkeit von Beziehungen, welche sich bisher aus der entwickelten Theorie von den physischen Ursachen des Erdmagnetismus ergeben haben und durch die Beobachtungen bestätigt worden sind, so wird es kaum noch überraschen, dass auch der oben (§ 15) deducirte Einfluss der Sonnenfleckenperiode auf die innere Erdwärme in neuester Zeit durch Beobachtungen constatirt ist.

Aus den Temperaturbeobachtungen, die mit sehr guten Instrumenten am Kap der guten Hoffnung vom Jahre 1841 bis 1870 angestellt wurden, berechnete Stone[1]) die Jahresmittel, die er graphisch in einer Curve darstellte. Mit dieser verglich er eine zweite Curve, welche die Häufigkeit der Sonnenflecken nach den ausführlichen Beobachtungen von Wolf angab, und fand, dass, wenn er die letztere Curve umkehrte, sie so auffallend mit der Curve der mittleren Jahrestemperaturen zusammenfiel, dass er die Ansicht aufstellt: dieselbe Ursache, welche zu einer Steigerung der mittleren Jahreswärme führt, vermindert auch die Sonnenflecke.

---

[1]) *Proceedings of the Royal Society. No. 127. (1871.)*

In einem Schreiben an Sabine bemerkt Stone ausdrücklich:

„Ich will erwähnen, dass ich nicht die geringste Erwartung hatte, als ich zuerst die Curven zeichnete, dass irgend eine merkliche Uebereinstimmung sich aus ihnen ergeben würde, dass ich aber nun die Uebereinstimmung für zu nahe halte, um sie für ein Spiel des Zufalls anzusehen. Gleichwohl würde ich eher zu der Vermuthung hinneigen, dass der Zusammenhang zwischen der Schwankung der mittleren Temperatur und dem Erscheinen der Sonnenflecke ein indirecter sei, als ein directer, dass also beide aus einer allgemeinen Aenderung der Energie der Sonne resultiren."

Piazzi Smyth hatte bereits am 31. März 1870 der *Royal Society* eine Mittheilung über das gleiche Resultat aus andern Beobachtungen gemacht. Er erörterte und reducirte die Beobachtungen, die vom Jahre 1837 bis 1869 an vier grossen Erdthermometern angestellt waren, die in Folge eines Beschlusses der *British Association* von Herrn Forbes in den Felsen des Caltonhügels am königlichen Observatorium zu Edinburg eingesenkt wurden. Unter anderen periodischen Variationen der Erdwärme fand nun Piazzi Smyth auch eine Periode von 11.1 Jahre, also die Sonnenfleckenperiode. Einige Umstände, welche von Smyth ausführlich discutirt werden, führen auch ihn zu dem Resultate, dass die Sonnenflecke nicht die eigentliche Ursache der Schwankungen der Erdtemperatur sein können.

Ich halte es nach diesen Resultaten für sehr wahrscheinlich, dass bei noch tiefer eingesenkten Erdthermometern die hier stattfindenden Einflüsse viel deutlicher zu Tage treten werden, indem der verzögernde Einfluss der mangelhaften Wärmeleitung der Erdrinde dadurch mehr zurücktritt. Ob auch die Jahresperiode der magnetischn Störungen und Nordlichter sich in jenen Variationen der inneren Erdwärme wiederspiegeln wird, hängt von der erfolgreichen Ueberwindung der soeben angedeuteten Hindernisse ab.

23.

Obschon bereits oben (§ 9) der nach der entwickelten Theorie nothwendige Zusammenhang mechanischer und magnetischer Veränderungen an der Erdoberfläche gefolgert wurde, so fragt es sich doch, ob nicht die Häufigkeit der mechanischen Reactionen des glühend-flüssigen Erdinnern ebenfalls periodische Aenderungen zeigt, welche mit den Aenderungen derjenigen Ursachen coïncidiren, die jene mechanischen Aenderungen hervorrufen können.

Insofern diese Aenderungen von äusseren Ursachen ausgehen, können hier nur die Sonne und der Mond in Betracht kommen. Es wurde gezeigt, dass diese Körper in doppelter Weise die mechanischen Reactionen des flüssigen Erdkernes gegen die erstarrte Rinde beeinflussen können, nämlich:

1. direct, durch Erzeugung einer Druck- oder Fluthwelle,
2. indirect, durch magnetische Induction.

Der directe Einfluss wird am stärksten beim Monde, der indirecte am stärksten bei der Sonne hervortreten müssen.

Bei der grossen Unvollkommenheit, in welcher sich bis jetzt noch die Instrumente zur genauen Bestimmung von plötzlichen Niveau-Veränderungen des Erdbodens befinden, reduciren sich die mechanischen Reactionen auf Schwankungen des Bodens von solcher Intensität, dass wir dieselben in Form von Erderschütterungen nur durch unser Gefühl wahrnehmen können.

Es fragt sich also, ob zwischen der Häufigkeit dieser Phänomene und dem Mondlaufe irgend welche Beziehungen existiren, welche dem oben theoretisch angedeuteten Einflusse entsprächen. Die Einwirkung des Mondes auf die beweglichen Theile des Erdkörpers muss ein Maximum beim geringsten Abstande beider Körper, also im Perigäum, und in denjenigen beiden Stellungen besitzen, in welchen der Mond seine attractive Wirkung mit derjenigen der Sonne vereinigt, also in den beiden Syzygien. Das Minimum müsste auf die Quadraturen fallen.

Die ausführlichsten und umfangreichsten Sammlungen von Mittheilungen über Vulkane und Erdbeben hat wohl

A. Perrey in seiner *Bibliographie seismique*[1]) geliefert. In einer besonderen Abhandlung[2]) entwickelt der Verfasser die aus seinen Sammlungen sich ergebenden Beziehungen der Erderschütterungen und vulkanischen Processe und stellt zahlreiche Sätze über das Wesen und die Natur dieser Erscheinungen auf. Ich erlaube mir hier nur kurz die für die vorliegenden Betrachtungen wichtigsten Sätze mit den Worten des Berichterstatters in den Berichten der Berliner physikalischen Gesellschaft (1863) S. 718 ff. mitzutheilen.

„Das Phänomen der Erdbeben ist ein zusammengesetztes, für welches man nur mit Schwierigkeit eine einzige Ursache annehmen kann. Gewisse Stösse oder Reihen von Stössen an einem gegebenen Orte führen auf besondere Ursachen, von denen eine gewisse Zahl unabhängig von der Hauptursache und diese modificirend wirken können.

„Man bemerkt eine gewisse periodische Wiederkehr, für welche man eine Einwirkung des Mondes erkennt, indem im Mondsmonate zwei Maxima und zwei Minima eintreten. Der Mond wirkt nämlich anziehend auf den feurig-flüssigen Kern der Erde, wodurch ein Druck von innen her auf die Erdrinde hervorgerufen wird, welcher nach seiner Stärke und Richtung sowie nach der Beschaffenheit der innern Fläche der festen Kruste verschieden sein kann. Es kommen dabei alle Erscheinungen zur Geltung, welche bei der Fortpflanzung von Wellen mit ungleicher Geschwindigkeit u. s. w. aufreten können.

„Den Schluss bilden Bemerkungen und Berechnungen über die Häufigkeit der Erdbeben in Bezug auf das Alter des Mondes während der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts und über die Häufigkeit der Erscheinung in Bezug auf den Durchgang des Mondes durch den Meridian. Es bestätigt sich eben die grössere Häufigkeit zur Zeit der Syzy-

[1]) *Mémoires de l'Académie de Dijon. IV. p. 1—112, V. p. 183—253. IX. 87—192* und *X. 1—53.* Das erste Verzeichniss erschien 1855, das letzte 1863.

[2]) *Propositions sur les tremblements de terre et les volcanes, adressées à M. Lamé, Paris 1863.* Silliman's Journal (2) XXXVII 1—10.

gien gegenüber den Quadraturen und im Perigäum gegenüber dem Apogäum."

Der indirecte Einfluss der Sonne würde sich in der Abhängigkeit der Erdbeben-Häufigkeit von den Sonnenflecken zeigen. Indessen ist mir hierüber nichts bekannt. — In Betreff des wellenartigen Charakters der Erdbeben erlaube ich mir hier eine Stelle aus einer Abhandlung von Mallet[1]) (ebenfalls mit den Worten des Referenten in den Berliner Berichten 1863 S. 926) über das in der Nacht vom 5—6 Oct. 1863 in England beobachtete Erdbeben mitzutheilen.

„In Bezug auf die Erklärung des Begriffes selbst spricht sich Mallet zuvörderst entschieden dagegen aus, dass das Erdbeben eines der Mittel zur Hervorbringung dauernder geologischer Hebungen sei. Es sei vielmehr der Durchgang einer Welle oder mehrerer Wellen elastischer Zusammendrückung in irgend einer Richtung, von der senkrechten bis zur wagerechten in jedem Azimuthe, durch die Masse und Oberfläche der Erde, ausgehend von irgend einem Mittelpuncte des Anstosses oder auch von mehreren. Dabei könne man Töne und fluthende Wogenbewegungen verspüren, welche auf dem gegebenen Anstosse und auf Bedingungen der Lage von See und Land beruhen.

Mallet giebt dann einen kurzen Abriss der Geschichte der Erdbebenlehre. Danach ist die wahre Erkenntniss erst gekommen, nachdem die Gebrüder Weber und Scott Russel die Lehre von gewissen Wellenbewegungen, zumal letzterer die der Translationsbewegung, entwickelt hatten. Er behandelt dann die Erscheinungen der Erdbeben bis zu einem gewissen Abschlusse."

Man sieht aus allen diesen Angaben, dass die Bewegungen des Erdbodens vielleicht fortdauernd aber nur so schwach vorhanden sein könnten, dass sie sich ohne feinere Hülfsmittel unserer Wahrnehmung entziehen müssen. Jedenfalls darf man behaupten, dass die Häufigkeit der sicher constatirten Bewegungen des Erdbodens bedeutend wachsen würde, wenn wir im Besitze feiner seismometrischer Instrumente wären.

---

[1]) R. Mallet. *The late earthquake, and earthquakes in general. Quarterly Journal of Science I. 53—69. (1863.)*

(An dieser Stelle folgt in der Originalabhandlung der bereits oben abgedruckte §. 24 über die Construction und Anwendung des Horizontalpendels. Den Schluss der Abhandlung bilden die folgenden Mittheilungen über die Beobachtung von Erdströmen und deren vermuthliche Ursachen.)

Zum Schlusse meiner vorliegenden Untersuchung über den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper kehre ich noch einmal zu denjenigen Betrachtungen zurück, die für mich den Ausgangspunct meiner Anschauungen über den physischen Ursprung der galvanischen Ströme bildeten, welche die Erde von Osten nach Westen umkreisen und hierdurch die magnetischen und electrischen Phänomene an der Erdoberfläche hervorrufen. Die dort entwickelten Gründe, durch welche ich geneigt war, den Zusammenhang electrischer Ströme mit den strömenden Bewegungen von Flüssigkeiten als ein Fundamentalphänomen aufzufassen, haben sich im Laufe der ganzen Untersuchung zu einer solchen Ueberzeugung gesteigert, dass ich den Wunsch hegte, direct die Existenz dieser Ströme bei fliessendem Wasser nachzuweisen.

Ehe ich jedoch zur Beschreibung der einfachen Versuche übergehe, welche in der That die Existenz solcher Ströme von sehr bedeutender electromotorischer Kraft bei strömendem Wasser in einem stets der Strömung gleich gerichteten Sinne zu beweisen scheinen, mögen hier zunächst diejenigen Beobachtungen erwähnt werden, welche in neuerer Zeit das permanente Vorhandensein electrischer Ströme in der Erdrinde selber direct nachgewiesen haben. Die Literatur über diese Erdströme ist bereits zu einer sehr umfangreichen angewachsen; sie datirt im Wesentlichen ihren Beginn vom Jahre 1859, wo bei einem am 29. August in seltener Pracht entwickelten Nordlichte, welches ich selber in Basel bis zu seinem Erlöschen in der Morgendämmerung beobachten konnte, auf sämmtlichen Telegraphenlinien starke Erdströme die Correspondenz unmöglich machten. Ich hatte durch die Bekanntschaft mit einem Telegraphenbeamten Gelegenheit, mich noch am folgenden Morgen um 7 Uhr von der Kraft zu überzeugen, mit welcher der Anker des Electromagneten permanent mit den Endflächen des Hufeisens in Berührung blieb.

Im Jahre 1859 hat Lamont[1]) an der Münchener Sternwarte in der Richtung von Ost nach West und von Süd nach Nord Kupferdrähte telegraphenartig aufgespannt und mit Endplatten verbunden. Der in den Drähten stets vorhandene electrische Strom wurde an Galvanometern, welche in der Sternwarte aufgestellt waren, lange Zeit hindurch von Stunde zu Stunde beobachtet und aufgezeichnet. Es ergab sich, dass kleine Bewegungen der Horizontalintensität des Erdmagnetismus mit den gleichzeitigen kleinen Aenderungen des Stromes in der Ost-West-Linie zusammentrafen.

Als zur genaueren Untersuchung dieser Beziehung den magnetischen Instrumenten und Galvanometern eine grössere Empfindlichkeit verliehen war, stellte sich eine vollständige Uebereinstimmung zwischen dem Strome der Ost-West-Linie und der Intensität, dann zwischen dem Strome der Nord-Süd-Linie und der Declination heraus. Ferner hatte sich aus Vergleichung der Bewegungen in den Drähten, die nach dem astronomischen und nach dem magnetischen Meridian ausgespannt waren, ergeben, dass die Bewegung des Erdstromes vorzugsweise parallel mit dem Aequator geht.

Bereits vor diesen Beobachtungen Lamont's hatte sich Walker[2]) mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigt, die sich jedoch vorzugsweise auf die grossen und aussergewöhnlichen Bewegungen des Erdstromes bezogen und daher an Telegraphenleitungen angestellt wurden. Es ergab sich, dass jener Erdstrom von N.-O. nach S.-W., oder umgekehrt sich bewegt, und zwar in einer Linie, welche mit dem astronomischen Meridian einen Winkel von $41^3/_4$ Graden macht. Uebrigens wird bemerkt, dass in Telegraphenlinien von gleicher Richtung der Erdstrom nicht immer gleich stark ist, sogar einzelne Linien sich vorfinden, wo der Erdstrom sich selten und nie in grösserer Intensität äussert.

---

[1]) Lamont. Der Erdstrom und der Zusammenhang desselben mit dem Magnetismus der Erde. Leipzig. 1862. S. 1—74.

[2]) Ch. V. Walker. *On magnetic storms and earth currents. Proceedings of Royal Society XI. 105—111; Philosophical Transactions 1861. p. 89—131.* Fernere Literatur des Jahres 1861:

Sehr umfangreiche Untersuchungen über den Erdstrom haben Matteucci[1]) und Secchi[2]) ausgeführt.

Matteucci liess zwei mit Gutta-Percha überzogene Drähte von 6 Kilometer Länge, den einen im magnetischen Meridian, den andern senkrecht dagegen aufspannen, dann wurden an den Endpuncten Gruben von 2 Meter Tiefe ausgegraben, in der Mitte jeder Grube eine Vertiefung von $^1/_3$ Kubikmeter gemacht, mit Lehm ausgeschlagen und mit Wasser gefüllt; in diese Vertiefung endlich wurden poröse Thongefässe mit einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd gestellt, in welchen sorgfältig mit Quecksilber amalgamirte und mit den Drahtenden verbundene Zinkplatten lagen. Auf diese Weise waren die Platten vor jeder chemischen Einwirkung gesichert, und da Vorsorge getroffen war, um eine gleiche Temperatur der amalgamirten Platten zu erhalten, so spricht Matteucci seine Ueberzeugung aus, dass auch von thermoelectrischen Strömen keine Rede sein könne.

Die während eines Monats angestellten Beobachtungen lieferten folgende Resultate:

1. Ströme waren fast immer vorhanden.

2. Tiefere Gruben und nasses Wetter gaben eine Verstärkung der Ströme.

3. Bei der ursprünglichen Tiefe der Gruben gab eine Vergrösserung der Dimensionen des porösen Gefässes, oder der darin befindlichen Zinkplatte keinen stärkeren Strom.

4. In der Nord-Süd-Linie blieb die Richtung des Stromes stets eine constante, und floss im aufgespannten Drahte von Süden nach Norden. Die Intensität dieses Stromes zeigte eine tägliche Periode mit zwei Maxima und zwei Minima, die

---

H. Lloyd. *On earth-currents and their connexion with the phenomena of terrestrial magnetism. Philosophical Mag. (4) XXII.*

B. Stewart. *On the great magnetic disturbance of august 28to September 7. 1859. as recorded by photography at the Kew observatory. Proceedings of Roy. Soc. XI.*

Airy *On spontaneous terrestrial currents. Rep. of Brit. Assoc. 1861. 2.*

[1]) Matteucci, *Sur les courants électriques de la terre. Comptes rendus LVIII. 942 ff. (1864.)*

[2]) Secchi. *Sur les courants de la terre et leur relation avec les phénomènes électriques et magnétiques. Comptes rendus LVIII. 1181 ff.*

Minima treffen auf Mittag und Mitternacht (eine Stunde früher oder später), die Minima treten um 5—7^h Morgens und 3—7^h Abends ein.

5. Die Ost-West-Linie zeigte grosse Unbeständigkeit in der Stromstärke (nach dem Galvanometer von 0° bis + 15° und — 15°) sowohl als auch in der Richtung, doch war die Richtung von West nach Ost im Drahte die gewöhnlichste.

6. Die Verbindung der süd- oder nördlichen Platte mit der öst.- oder westlichen gab in der Regel einen Strom, der gleichbedeutend war mit dem Strome der Nord-Süd-Linie.

7. Die Richtung und Stärke des N.S.-Stromes war unabhängig von der Lufttemperatur, die zwischen 0° und + 18° schwankte, so wie von der Trockenheit oder Feuchtigkeit der Luft; auch Stürme und Gewitter zeigten keinen Einfluss.

8. An den Resultaten wurde nichts geändert, wenn die mit Gutta-Percha überzogenen Drähte von den Telegraphenstangen herabgenommen und auf die Erde gelegt wurden.

Welche Ursache, fragt nun Matteucci, liegt diesen Strömen zu Grunde? Auf diese Frage erklärt er eine bestimmte Antwort nicht geben zu können. Er ist aber geneigt, einen engen Zusammenhang mit dem Erdmagnetismus anzunehmen.

Eine nicht minder interessante Thatsache der Beobachtung theilt Matteucci in einer zweiten Abhandlung mit.[1]) Es ergab sich nämlich ein constanter und sehr bemerkenswerther Zusammenhang der Stromrichtung mit der Niveaudifferenz der versenkten Zinkplatten. Jede Drahtleitung, welche an einem tieferen und höheren Puncte mit dem Boden verbunden ist, zeigt einen ziemlich constanten Strom, der im Drahte von der tieferen zur höheren Station geht, und der bei jeder atmosphärischen Entladung eine plötzliche aber nur einen Augenblick andauernde Vermehrung erhält.

Die Versuche wurden an vier verschiedenen Linien mit 600—36000 Meter Länge und Höhendifferenzen von 83—642

---

[1]) *Comptes rendus T. LIX. p. 511—516.*

Meter ausgeführt und lieferten stets übereinstimmende Resultate, jedoch so, dass die längere Leitung und die grössere Höhendifferenz einen stärkeren Strom gaben.

Bezüglich der Beschaffenheit dieser Ströme discutirt Matteucci ausdrücklich die Frage, ob sie in die Kategorie der Zweigströme zu stellen seien. Er verneint diese Frage mit Rücksicht auf die Leitungsfähigkeit des Erdkörpers, die derjenigen der Drähte gegenüber jedenfalls als unendlich gross angenommen werden muss.

Nach meiner Ansicht bleibt aber dann nichts anderes übrig, als die zwischen den Zink-Endplatten befindliche Erdschicht selbst als electromotorisch wirksam zu betrachten, ähnlich einer Volta'schen Säule. Mit dieser Annahme würde gleichfalls die zuletzt erwähnte Thatsache im Einklange stehen, dass die Intensität der beobachteten Ströme mit der eingeschalteten Erdstrecke wächst.

Die Richtung des Stromes in der Erde müsste dann natürlich die entgegengesetzte von derjenigen in den Drahtleitungen sein, so dass die Erdoberfläche selber von Strömen in der Richtung von Ost nach West und von Nord nach Süd durchflossen würde.

Mit Berücksichtigung der Quincke'schen Diaphragmenströme wäre es interessant zu untersuchen, ob die stets von den höher nach den tiefer gelegenen Schichten unter beträchtlichem Drucke bewegte Feuchtigkeit nicht im Stande wäre, derartige Ströme zu erzeugen. Eine solche Bewegung der Feuchtigkeit in den porösen Erdschichten würde auch von den kälteren und feuchteren nach wärmeren und trockenen Gegenden hin stattfinden und zu ebenso gerichteten galvanischen Strömen Veranlassung geben. Die freie Spannung der hierbei eintretenden Electricitätserregung könnte sich vielleicht bei hinreichender Stärke in der Luftelectricität bemerklich machen.

In dieser Beziehung bieten die oben erwähnten Untersuchungen Secchi's noch ein vollständigeres Material zur Entscheidung der hier angeregten Fragen.

Es wurden hierbei zunächst zwei Telegraphenlinien, die eine von Nord nach Süd, die andere von Ost nach West hergerichtet und an beiden vom 1. bis 16. Juni 1863 stündliche Beobachtungen von 6^h Morgens bis Mitternacht angestellt.

Als Resultat dieser Beobachtungen ergab sich Folgendes:

1. Die O.-W.-Linie zeigt weit stärkere Schwankungen als die N.-S.-Linie.

2. Die Maxima der einen Linie treffen mit den Minimis der andern zusammen und zwar gilt dies sowohl von den Secundär- als von den Hauptwendepuncten; die Hauptwendepuncte fallen auf $7-8^h$ Morgens (Minimum der N.-S.- und Maximum der O.-W.-Linie) und $11-12^h$ Mittags (Maximum der N.-S.- und Minimum der O.-W.-Linie).

3. Während der Nacht sind die Ströme stärker und bleiben ziemlich constant.

P. Secchi schliesst aus diesen Ergebnissen, dass es hinreicht eine einzige Linie zu beobachten und demzufolge beschränkt er seine weitere Untersuchung auf die N.-S.-Linie, für welche der Galvanometerstand 10 mal täglich ein ganzes Jahr hindurch aufgezeichnet wurde.

Die monatlichen Mittel aus dieser Beobachtungsreihe werden alsdann mit den gleichzeitigen Aufzeichnungen des Bifilars und mit den Aufzeichnungen der atmosphärischen Electricität verglichen. Als Resultat ergiebt sich eine Uebereinstimmung in den Wendepuncten aller drei Gattungen von Erscheinungen.

Diese Thatsachen der Beobachtung werden genügen, um einerseits ihren engen Zusammenhang mit der von mir entwickelten physikalischen Theorie des Erdmagnetismus, andererseits mit den nun zu beschreibenden Experimenten erkennen zu lassen.

Ich nahm ein für Thermoströme eingerichtetes Galvanometer von Sauerwald mit Spiegelablesung und führte die Enden des Kupferdrahtes in einen Gummischlauch, durch welchen ich aus der Wasserleitung einen Strom von Wasser leitete, der in das unter dem Hahne befindliche, und theilweise mit Wasser angefüllte und nicht isolirte Becken abfloss. Das Galvanometer zeigte durch eine Ablenkung von

mehreren Scalentheilen stets einen Strom an, welcher im Wasser parallel der Strömung ging.

Je weiter die beiden Stellen, an welchen die Drahtenden in den Schlauch gesteckt wurden, von einander entfernt waren, desto stärker wurde der Strom, so dass die ganze strömende Wassermasse, ähnlich einer Volta'schen Säule, in allen ihren Schichten galvanisch thätig sein musste, wenn der beobachtete Strom kein Zweigstrom war.

Nachdem auf diese Weise die ersten, rohen Versuche meine Vermuthung bestätigt hatten, modificirte ich die Bedingungen des Experimentes. Hier mag die Beschreibung eines solchen Versuches mit bestimmten Zahlenangaben folgen.

In einem Glasrohre von 8^{mm} innerem Durchmesser und 500^{mm} Länge waren in einem Abstande von ca. 380^{mm} seitlich zwei Oeffnungen angebracht, in welchen vermittelst eines luftdichten Korkverschlusses zwei dünne Kupferbleche so befestigt waren, dass dieselben vom hindurchströmenden Wasser bespült wurden. Die beiden Enden des Glasrohres waren mit Gummischläuchen von ca. 560^{mm} Länge verbunden, von denen nach Belieben bald der eine bald der andere mit der Wasserleitung verbunden und dadurch der Strom umgekehrt werden konnte.

Die Ablesungen des Galvanometers bei drei Versuchen waren folgende:

Ruhendes Wasser	Strömendes Wasser	Differenz
369.9	362.0	— 7.9
370.0	362.0	— 8.0
371.0	363.0	— 8.0

Abstand der Scala vom Galvanometer = 2500^{mm}.

Bei einem zweiten Versuche wurden die Kupferbleche gar nicht in die Strömung gebracht. Sie befanden sich in den seitlich an zwei T förmigen Glasröhren angebrachten Röhrenansätzen, so dass die strömende Bewegung des Wassers die Platten nicht treffen konnte. Beide T förmigen Glasröhren wurden alsdann durch einen Gummischlauch von 1220^{mm} Länge verbunden, so dass die Länge der eingeschalteten Flüssigkeitssäule gegenwärtig etwa 3.2 mal grösser als beim ersten Versuch war.

Die Resultate der Beobachtung waren folgende:

Ruhendes Wasser	Strömendes Wasser	Differenz
399.0	383.0	—16.0
399.0	383.0	—16.0

Strom des Wassers umgekehrt.

Ruhendes Wasser	Strömendes Wasser	Differenz
398.5	413.0	+14.5
398.5	412.5	+14.0

Die Richtung des galvanischen Stromes war stets übereinstimmend mit der Richtung der Flüssigkeitsströmung.

Um eine genäherte Schätzung der electromotorischen Kraft zu erhalten, leitete ich den Strom eines Grove'schen Elementes durch die ruhende Wasserstrecke und erhielt einen Ausschlag von 60 Scalentheilen, so dass also die electromotorische Kraft der strömenden Wassersäule von 1220^{mm} Länge etwa dem 4ten Theile der electromotorischen Kraft eines Grove'schen Elementes gleichkam.

Ich vermuthe, dass die Ursache dieser Ströme dieselbe ist wie bei den Quincke'schen Diaphragmenströmen. Wenn daher Quincke in seiner ersten Abhandlung: „über eine neue Art electrischer Ströme" (S. 13) bemerkt:

„Wurden die Röhren des Apparates ohne Diaphragma an einander gekittet und nun ein Wasserstrom hindurchgeleitet, so war keine Ablenkung am Multiplicator zu bemerken. Man sieht also, dass das Diaphragma zur Erzeugung des electrischen Stromes nothwendig ist."

so beruht dieses Misslingen des Versuches wahrscheinlich auf einer zu schwachen Strömung und einer zu geringen Grösse der eingeschalteten und vermuthlich isolirten Wasserstrecke.

Ebenso glaube ich, dass Adie in dem früher (S. 352) angeführten Versuche[1]) diejenigen galvanischen Ströme beobachtet hat, welche ich durch die obigen und fernere Ver-

[1]) Adie sucht die von ihm beobachteten Ströme durch den Einfluss des Sauerstoffes der Atmosphäre, nach Analogie der Gasketten zu erklären. Er bemerkt l. c. p. 353: „*With both plates in still water and a tube filled with oxygen inverted over one, the effect was the same*".

suche als ein mit dem Processe aller strömenden Bewegungen nothwendig verknüpftes Phänomen nachzuweisen hoffe. Denn die auf die Elemente einer strömenden Flüssigkeitsmasse wirkenden bewegenden Kräfte sind, so lange Bewegung stattfindet, nicht im Gleichgewichte, und diese hierdurch in der Richtung der Strömung eintretenden partiellen Druck-Differenzen bin ich geneigt als Ursache für jene galvanischen Flüssigkeitsströme anzusehen. Die Erfahrung lehrt uns, dass überall dort, wo derartige Differenzen willkürlich an Körpern hervorgerufen werden, dieselben durch entsprechende Combination und unter geeigneten Bedingungen die Quelle von strömender Electricität werden können.[1])

Anmerkung. Die vorstehenden Beobachtungen sind für mich die Veranlassung zur Entdeckung der Reibungsströme geworden. Ich habe meine sämmtlichen hierauf bezüglichen Untersuchungen im ersten Theile des 2. Bandes meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen S. 101—166 veröffentlicht und erlaube mir hier nur den Anfang meiner ersten Abhandlung (Berichte der Königl. Sächs. Ges. d. Wissenschaften 12. December 1872) zu reproduciren, weil derselbe zugleich eine Berichtigung meiner oben ausgesprochenen Vermuthung über die physikalische Ursache jener Ströme enthält. Ich bemerkte a. a. O. wörtlich:

„In einem Nachtrage zu meiner Abhandlung „über den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper" theilte ich einige Versuche mit, in denen das Auftreten von galvanischen Strömen beim Durchfliessen des Wassers durch Röhren beobachtet wurde. Hinsichtlich der Ursache dieser Ströme drückte ich meine Vermuthung in folgenden Worten aus:

„„Ich vermuthe, dass die Ursache dieser Ströme dieselbe ist, wie bei den Quincke'schen Diaphragmenströmen.""

„Wenige Monate später wiederholte Herr Beetz in München meine Versuche (Berichte der Königl. Bairischen Akademie der Wissensch. Sitzung am 4. Mai 1872) mit gleichem Erfolge, zeigte jedoch durch geeignete Modification der Bedingungen, dass die von mir vermuthete Ursache jener Ströme wahrscheinlich nicht die richtige sei und dass die Anordnung meiner Experimente Einwürfen unterliege, deren Berechtigung ich bereits am Schlusse meiner letzten Abhandlung „über die elektrische und magnetische Fernewirkung der Sonne (Berichte der Königl. Sächs.

[1]) Das letzte Manuscript zu obiger Abhandlung wurde der Druckerei am 13. Februar 1872 übergeben. Gegenwärtig (1881) stimme ich der Ansicht Adie's über die Ursache der von ihm beobachteten Ströme bei.

Ges. d. W., Sitzung am 1 Juli 1872. Abgedruckt in meinen „Wissenschaftlichen Abhandlungen" Bd. II. Thl. 1. S. 682 ff.) vollständig anerkannt habe.

Ich war daher bemüht, meine Versuche unter Bedingungen zu wiederholen, welche derartigen Einwendungen nicht unterworfen sind, und erlaube mir in Folgendem die bis jetzt erlangten Resultate meiner Beobachtungen in Kürze mitzutheilen." (Vgl. die Fortsetzung a. a. O.)

Nachtrag.

(1881)

Die in vorstehender Abhandlung vor 8 Jahren von mir ausgesprochenen Ideen „über den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper" sind durch meine späteren Untersuchungen über die elektrodynamische Theorie der Materie und die kosmischen Anwendungen der elektrischen Emissionshypothese (vgl. Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. I. S. 674 ff.) in einigen wesentlichen Punkten modificirt worden, besonders bezüglich des Zusammenhanges der mechanischen Vorgänge an der Oberfläche der Sonne mit magnetischen Störungen an der Erdoberfläche. Jede Veränderung in der Quantität der von der Sonne emittirten elektrischen Theilchen muss nach den a. a. O. entwickelten Anschauungen eine Störung des elektrodynamischen Gleichgewichtes in ähnlicher Weise an der Erdoberfläche verursachen, wie dies a. a. O. durch die Schattenkegel von Erde und Mond zu erklären versucht wurde. Uebrigens bin ich weit entfernt, die vorstehend entwickelten Anschauungen im Hinblick auf die Complication der Erscheinungen für definitive zu halten. Den epochemachenden Untersuchungen von Gauss und Weber verdanken wir wenigstens die Erkenntniss, dass zur Erzeugung des Erdmagnetismus weder eine magnetische Masse von der uns bis jetzt bekannten höchsten Coërcitivkraft des Stahles, noch galvanische Ströme von der durch unsere Hydroketten erreichbaren Stärke ausreichend wären, um künstlich die Intensität des Erdmagnetismus hervorzurufen. Denn es würde hierzu eine bis zum Maximum

magnetisirte Stahlkugel von ungefähr der Grösse des Mondes erforderlich sein, welche im Innern der Erde angebracht ist. Ein Elektromagnet würde, mit den erwähnten Hülfsmitteln construirt, mit Einschluss der Kupferdrähte und den erforderlichen Batterien, im Innern der als Hohlkegel gedachten Erde gar nicht Platz finden können.[1]) Es geht hieraus hervor, dass die Quelle des Erdmagnetismus eine in quantitativer Beziehung noch gänzlich unbekannte sein muss. Nach der elektrodynamischen Theorie Weber's sind jedoch bezüglich der Bewegung der elektrischen Theilchen nur zwei Fälle denkbar. Entweder sind nämlich die elektrischen Theilchen zu Molecularströmen verbunden, wie in magnetisirten Körpern, oder sie bewegen sich translatorisch, wie in stromdurchflossenen Leitern. Da das Innere der Erde mit grösster Wahrscheinlichkeit als glühend-flüssig angenommen werden muss und nach unseren bisherigen Erfahrungen magnetisirte Körper beim Glühen ihren Magnetismus verlieren, so würde durch diese Thatsache die Annahme permanent magnetisirter Substanzen im Innern unserer Erde ausgeschlossen sein. Es bliebe also nur die zweite Annahme einer translatorischen Bewegung der elektrischen Fluida im Innern oder an der Oberfläche glühender Weltkörper zur Erklärung des Erdmagnetismus übrig. Ob nun die physikalische Ursache dieser strömenden Bewegungen der Elektricität thatsächlich die in vorstehender Abhandlung von mir vermutheten Strömungen des glühend-flüssigen Erdinnern sind oder nicht, wird wesentlich von der Erweiterung unserer Erfahrungen über den Zusammenhang zwischen strömend bewegten Flüssigkeiten oder Dämpfen mit gesetzmässigen elektrischen Strömen abhängen. Betrachtet man nämlich in Uebereinstimmung mit den von mir entwickelten Anschauungen (vgl. Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. I. S. 417. „Ueber die Ableitung der Newton'schen Gravitation aus den statischen Wirkungen der Elektricität.") die beiden elektrischen Fluida als die beiden letzten Elemente aller ponderablen Körper, so müsste nach den ver-

[1]) Ich verdanke diese Angabe einer gelegentlichen Mittheilung Weber's, welcher sie als das Resultat einer Ueberschlagsrechnung von Gauss erwähnte.

allgemeinerten Gesetzen der Dissociation eine theilweise Trennung der beiden Elektricitäten bei hoch erhitzten Körpern eintreten, ähnlich wie sich überhitzter Wasserdampf partiell in seine Elemente Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Geschieht diese Ueberhitzung in glühenden eisernen Röhren, deren Material eine grössere Verwandtschaft zum Sauerstoff als zum Wasserstoff besitzt, so ist man bekanntlich im Stande, auf diese Weise das zuletzt erwähnte Gas zu entbinden und hierdurch einen durch ein glühendes eisernes Rohr geleiteten Strom von Wasserdampf in einen Strom von Wasserstoffgas zu verwandeln. Vergleicht man nun das Wasserstoffgas z. B. mit der positiven Elektricität, das Sauerstoffgas mit der negativen Elektricität, welche von der ponderablen Materie in ähnlicher Weise stärker angezogen wird wie der Sauerstoff von den glühenden Wandungen der eisernen Röhren, so würde man durch Hindurchleiten von hoch erhitzten Dämpfen durch Röhren elektrische Ströme erzeugen und die elektrodynamische Wirkung derselben durch Ablenkung der Magnetnadel beobachten können.

Einen solchen, angeblich von Erfolg gekrönten, Versuch hat Herr Donato Tommasi im Jahre 1875 in den *Comptes rendus (Tome LXXX p. 1007)* veröffentlicht. Das in Berlin erscheinende Wochenblatt zur Verbreitung der Fortschritte in den Naturwissenschaften, „Der Naturforscher", herausgegeben von Dr. Wilhelm Sklarek, berichtet im 8. Jahrgange S. 231 wörtlich wie folgt über den erwähnten Versuch:

„Eine neue Quelle des Magnetismus."

„Lässt man einen Strom Wasserdampf unter einem Drucke von 5 und 6 Atmosphären durch eine Röhre von Kupfer gehen, welche einen Durchmesser von 2 bis 3 Millimeter hat und spiralig um einen Eisencylinder gewunden ist, so wird dieser, nach einer Beobachtung des Herrn Donato Tommasi, magnetisch, so dass eine eiserne Nadel, die einige Centimeter von diesem Dampf-Magneten aufgestellt ist, lebhaft angezogen wird und magnetisirt bleibt, so lange der Strom von Wasserdampf durch die Kupfer-Röhre hindurch geht."

Unter der Annahme solcher, im Innern der Erde gesetzmässig vorhandener Dampfströme, welche entsprechend den gesteigerten Druck- und Temperaturverhältnissen unvergleichlich viel grössere Mengen von Elektricität fortführen und daher bei gleicher elektrodynamischer Wirkung eine entsprechend

langsamere translatorische Bewegung besitzen könnten, würde unsere Erde in Uebereinstimmung mit obigen Beobachtungen magnetische Eigenschaften erlangen. Gleichzeitig wäre man aber, unter der oben gemachten Annahme einer stärkeren Affinität des negativen Fluidums zur ponderablen Materie, zu der Erwartung berechtigt, die freigewordene negative Elektricität in denjenigen Tiefen unserer Erdkruste zu beobachten, welche sich in relativ geringem Abstande von den bewegten Strömen befinden. Da die Thermalquellen uns Wärme aus dem inneren Wärmeschatze an die Oberfläche unseres Planeten bringen, wäre es denkbar, dass sie unter den gemachten Voraussetzungen auch Spuren der im Innern freigewordenen negativen Elektricität an die Oberfläche transportirten, die trotz der Leitungsfähigkeit des Wassers mit empfindlichen Apparaten nachweisbar wären.

Beobachtungen, welche theilweise vielleicht in der angegebenen Weise gedeutet werden könnten, sind von den Schweizer Physikern Thury und Alb. Minich in den *„Archives des sciences phys. et natur. T. LII No. 205, Janvier 1875. p. 59* veröffentlicht worden. „Der Naturforscher“ berichtet über diese Beobachtungen in No. 13. Jahrg. VIII. Berlin d. 27. März 1875. S. 127 wörtlich wie folgt:

„Elektricität einer Thermalquelle zu Baden in der Schweiz.“

„Elektroden, welche aus Platinplatten an Platindrähten bestanden und mit einem Galvanometer von 350 Windungen verbunden waren, wurden zur Bestimmung der Elektricität einer Thermalquelle von den Herren Thury und Alb. Minich benutzt. Die eine Elektrode wurde in die Thermalquelle, die andere in den Limmatfluss getaucht: bei Herstellung der metallischen Verbindung ergab das Galvanometer einen bleibenden Ausschlag von 74°; später ging die Nadel in dem Maasse, als sich die in der warmen Quelle befindliche Elektrode mit Bläschen bedeckte, bis auf 60° zurück; sie stieg jedoch wieder auf 70°, als die Bläschen durch Bürsten entfernt wurden. Das dem Boden entsteigende Thermalwasser ist somit stark elektrisirt, und zwar, wie die Richtung des Stromes ergab, negativ elektrisch.“

„Frisches, noch warmes Mineralwasser erwies sich auch in einem Gefässe, gegen kaltes Flusswasser in einem andern Gefässe, negativ elektrisch; der Ausschlag betrug jetzt $44^1/_2{}^\circ$ und ging auf Null herunter, in dem Maasse als sich das Mineralwasser abkühlte. Eine Polarisation war hier nicht die Ursache des Rückganges der Nadel. Wurde das abgekühlte Mineralwasser auf 47° C. erwärmt, so ergab es nichtsdesto-

weniger keinen Strom mit kaltem Wasser. Ebensowenig erg ab mit Kohlensäure beladenes, erwärmtes Wasser gegen kaltes Flusswasser einen Strom. Die oben nachgewiesene Elektricität rührt somit weder von einer thermoelektrischen Wirkung, noch von einer Wirkung der Kohlensäure auf die Platinelektroden her. Ueber ihre Ursachen müssen weitere Untersuchungen Aufschluss geben."

Ohne den vorstehend mitgetheilten Beobachtungen so lange irgend einen entscheidenden Werth für die Richtigkeit meiner Hypothesen beizulegen, ehe sie nicht durch zahlreiche, von anderen Beobachtern an anderen Orten angestellte, Untersuchungen bestätigt worden sind, habe ich doch geglaubt, dieselben an dieser Stelle wenigstens nicht unberücksichtigt lassen zu sollen, um hierdurch vielleicht zur Wiederholung und Fortsetzung derartiger Beobachtungen eine Anregung zu geben.

Die Literatur[1]) über die Hypothesen bezüglich der physikalischen Ursachen des Erdmagnetismus ist eine sehr umfangreiche. Es spiegelt sich in derselben stets der jeweilige Standpunkt unserer empirischen Erkenntniss von den Mitteln zur Erzeugung des Magnetismus wieder. Aber erst durch die oben erwähnten Arbeiten von Gauss sind wir befähigt, uns bestimmte Vorstellungen von der erforderlichen Intensität des, gleichgültig durch welche Ursachen erregten, Magnetismus zu machen und hierdurch bei unseren Hypothesen von vornherein solche Ursachen auszuschliessen, welche nach unseren bisherigen Erfahrungen nicht ausreichend sind, das erforderliche Quantum von Magnetismus zu erzeugen. Auch über den Ort, an welchem der bei weitem grösste Theil dieses Quantums von Magnetismus oder die ihm äquivalente Menge von bewegter Elektricität vorausgesetzt werden muss, geben die theoretischen Untersuchungen von Gauss Aufschluss. Bereits vor drei Jahren habe ich im ersten Bande der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" die 12. Abhandlung über „Kosmische Anwendungen der Emissionshypothese" (S. 708 ff.) mit folgenden Worten beschlossen:

[1]) Vergl. Gehler's physikalisches Wörterbuch Artikel „Tellurischer Magnetismus" und Berichte der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Namen und Sachregister zu den Fortschritten der Physik Bd. I bis XX. Bearbeitet von Barentin. Berlin, Verlag von G. Reimer. 1872.

„Dass nicht die Ursache der ganzen magnetischen Kraft der Erde ausserhalb, sondern nothwendig im Innern der Erde gesucht werden muss, hat Gauss ausdrücklich aus einer Vergleichung der Beobachtungen mit seiner Theorie gefolgert, und gleichzeitig darauf hingewiesen, dass hierdurch nicht die Möglichkeit ausgeschlossen sei, dass wenigstens ein geringer Theil dieser Kraft „in Beziehung auf die regelmässigen von Tages- und Jahreszeit abhängenden Aenderungen" in ausserhalb der Erde gelegenen Ursachen seinen Ursprung haben könne.[1])

Ueber das magnetische Moment der ganzen Erde nach absolutem Maasse bemerkt Gauss S. 165 a. a. O. wörtlich Folgendes:

„Nach derselben absoluten Einheit wurde das magnetische Moment eines einpfündigen Magnetstabes nach den im Jahre 1832 angestellten Versuchen — 100877000 gefunden *(Intensitas Art. 21)*; das magnetische Moment der Erde ist also 8464 Trillionen mal grösser. Es wären daher 8464 Trillionen solcher Magnetstäbe mit parallelen magnetischen Axen erforderlich, um die magnetische Wirkung der Erde im äusseren Raume zu ersetzen, was bei einer gleichförmigen Vertheilung durch den ganzen körperlichen Raum der Erde beinahe 8 Stäbe (genauer 7,831) auf jedes Kubikmeter beträgt. So ausgesprochen, behält dies Resultat seine Bedeutung, auch wenn man die Erde nicht als einen wirklichen Magnet betrachten, sondern den Erdmagnetismus blossen beharrlichen galvanischen Strömen in der Erde zuschreiben wollte. Betrachten wir aber die Erde als einen wirklichen Magnet, so sind wir genöthigt, durchschnittlich wenigstens jedem Theile derselben, der ein Achtel Kubikmeter gross ist, eine ebenso starke Magnetisirung beizulegen, als jener Magnetstab enthält, ein Resultat, welches wohl den Physikern unerwartet sein wird."

Ich hatte in einer früheren Arbeit die magnetische Beziehungen der Weltkörper ausschliesslich theils durch Induc-

---

[1]) Gauss' Werke. Bd. V. 172. Es heisst hier wörtlich mit Bezug auf die zwei entscheidenden Formeln:

„Da nun unsere numerischen Elemente, unter Voraussetzung der ersten Formel bestimmt, eine schon sehr befriedigende Darstellung der Gesammtheit der Erscheinungen geben, während diese mit der zweiten Formel ganz und gar unverträglich sein würden, so ist die Unstatthaftigkeit der Hypothese, die die Ursachen in den Raum ausserhalb der Erde stellt, als erwiesen anzusehen. — Indess darf hiermit die Möglichkeit, dass ein Theil der erdmagnetischen Kraft, wenn auch nur ein vergleichungsweise sehr geringer, von oben her erzeugt werde, noch nicht als entschieden widerlegt betrachtet werden."

tion, theils durch die Wechselwirkungen zwischen ihren ponderablen Massen und den damit verbundenen elektrischen Strömungen zu erklären versucht. Da sich nun aber, wie gezeigt, unter partieller Annahme der elektrischen Emissions-Theorie diese Beziehungen sogar quantitativ bestimmen lassen, so dürfen diese Verhältnisse bei einer künftigen, vollendeten Theorie über die physikalischen Ursachen des Erdmagnetismus nicht unberücksichtigt gelassen werden.

Wenn, der elektrodynamischen Theorie der Materie zufolge, die einfachsten ponderablen Molecüle aller Körper in Ampère'schen Molecularströmen bestehen, so müssen die aus einer kosmischen Nebelmasse allmälig sich bildenden Aggregate solcher Molecularströme, wie z. B. die Weltkörper, nothwendig eine bestimmte magnetische Polarität besitzen. Denn jeder Molecularstrom kann als ein kleiner Magnet angesehen werden, der so lange frei im Raume beweglich ist, als er hinreichend weit von seinen Nachbarn entfernt ist. Nähern sich aber diese kleinen beweglichen Magneten bei der allmäligen Verdichtung der Nebelmasse, so üben sie auch nothwendig eine magnetische Richtkraft auf einander aus, so dass eine bestimmte Richtung der Axen in einem so entstandenen Conglomerat vorherrschend sein wird. In wie weit hierbei die inneren Bewegungen einer kosmischen Nebelmasse, welche bei einigen Nebeln durch ihre spiralförmige Structur indicirt zu sein scheinen, mitbestimmend wirkten, mag hier nicht näher erörtert werden."

Electrodynamische Widerstands-Messungen nach absolutem Maasse

von

W. Weber und F. Zöllner.

(Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Sitzung der math.-phys. Classe am 23. April und 14. Juni 1880.)

I.

Ueber die Bedeutung und den praktischen Gebrauch absoluter Maasse in der Physik im Allgemeinen und der Electrodynamik im Besonderen.

Alle mechanischen Vorgänge in der Natur, welche mit Hülfe physikalischer Instrumente der messenden Beobachtung unterworfen werden können, erfordern die Feststellung dreier Grundmaasse für drei unabhängige Grössen, nämlich für: die Zeit, den Raum und die Masse. Zur Vereinfachung physikalischer Forschungen ist es nun sehr wesentlich, für die verschiedenen, einer Messung zu Grunde liegenden, Grössenarten nicht mehr eigene, von einander unabhängige, Grundmaasse einzuführen als unumgänglich nöthig sind, so dass alle anderen Maasse aus diesen wenigen nothwendigen Grundmaassen abgeleitet werden. Aus diesem Grunde werden in der Mechanik blos für Zeiträume, Linien und Massen Grundmaasse aufgestellt; die Maasse aller anderen in der Mechanik betrachteten Grössenarten werden aus diesen drei Grundmaassen abgeleitet und heissen dann absolute Maasse. Zum Beispiele werden keine Grundmaasse für die Geschwindigkeit und Dichtigkeit aufgestellt, sondern es werden absolute Maasse dafür gebraucht, welche auf jene drei Grundmaasse

zurückgeführt werden können. Ebenso werden die Maasse für die bewegenden nnd für die absoluten Kräfte, für die Drehungsmomente, Trägheitsmomente, Nutzeffecte u. s. w. nach bekannten Gesetzen auf jene Grundmaasse zurückgeführt. Aus demselben Grunde wird ferner auch für den Magnetismus kein eigenes unabhängiges Grundmaass eingeführt, sondern man hält sich an das absolute Maass, welches Gauss für den Magnetismus aus den drei Grundmaassen der Mechanik, nämlich der Secunde als Zeiteinheit, dem Millimeter als Längeneinheit und dem Milligramm als Masseneinheit, in seiner Abhandlung: *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata* (Göttingen 1833) abgeleitet hat. Gauss setzt gleich in der Einleitung dieser Abhandlung die von ihm gewählten absoluten Maass-Einheiten mit folgenden Worten fest:

> *„Quo igitur hanc mensuram ad notiones distinctas revocare possimus, ante omnia circa tria quantitatum genera unitates stabilire opportet, puta unitatem distantiarum, unitatem massarum ponderabilium, unitatem virium acceleratricium. Pro tertia accipi potest gravitas in loco observationis: quod si minus arridet, insuper accedere debet unitas temporis, eritque nobis vis acceleratrix ea = 1, quae in unitate temporis mutationem velocitatis corporis in ipsius directione moti unitati aequalem gignit. His ita intellectis, unitas quantitatis fluidi borealis ea erit, cujus vis repulsiva in aliam ipsi aequalem in distantia = 1 positam aequivalet vi motrici = 1, i. e. actioni vis acceleratricis = 1 in massam = 1 idemque de unitate quantitatis fluidi australis valebit: in hac determinatione manifesto tum fluidum agens, tum fluidum in quod agitur, in punctis physicis concentrata concipi debent.“*

Entspechend dieser Definition ist z. B. das Maass für die Stärke des Erdmagnetismus oder der erdmagnetischen Kraft an irgend einem Orte das nach absolutem Maasse ausgedrückte Drehungsmoment, welches der Erdmagnetismus auf einen an diesem Orte befindlicheu Magnetstab ausübt, wenn letzterer die absolute Einheit von Magnetismus enthält und

seine magnetische Axe mit der Richtung des Erdmagnetismus an diesem Orte einen rechten Winkel macht.[1])

Nach dem von Gauss definirten Systeme der absoluten Maassbestimmung würde sich für die Grösse der absoluten Masseneinheit der ponderablen Materie die folgende Definition ergeben:

> Die absolute Masseneinheit der ponderablen Materie ist diejenige Masse, welche, wenn sie auf eine ihr gleiche Masse eine Secunde lang aus der Entfernung eines Millimeters einwirkt, eine relative Geschwindigkeit beider Massen von einem Millimeter erzeugt.

Berechnet man mit Benutzung der von Cavendish, Reich u. A. über die mittlere Dichtigkeit der Erde angestellten Messungen die der obigen Definition entsprechende Masse, so ergiebt sich der Werth von 15,1882 Kilogramm[2]). Die Unsicherheit der zur Bestimmung der Dichtigkeit der Erde bis jetzt verfügbaren Maassmethoden macht jedoch die praktische Anwendung dieser absoluten Masseneinheit illusorisch und lässt bis jetzt die in einem gemessenen Volumen enthaltene Menge eines bekannten und allgemein verbreiteten Stoffes (Wasser) als die einzige brauchbare Methode zur Feststellung einer Masseneinheit erscheinen.

Für die Elektrostatik ergiebt sich als Einheit der Elektricitätsmenge nach absolutem Maasse entsprechend den obigen Bestimmungen die folgende Definition:

> Die elektrostatische Einheit ist diejenige Elektricitätsmenge, welche, wenn sie auf eine ihr gleiche Elektricitätsmenge von derselben Art, die fest mit der Masse eines Milligrammes verbunden ist, eine Secunde lang aus der Entfernung eines Millimeters einwirkt, jener ponderablen

[1]) „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins von Gauss und Wilhelm Weber, 1840, und Elektrodynamische Maassbestimmungen insbesondere Widerstandsmessungen von Wilhelm Weber". Abhandl. der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften. Bd. I. 1852. S. 219.

[2]) Vgl. Zöllner „Wissenschaftliche Abhandlungen" Bd. II. Th. 1. S. 761, und Astronomische Nachrichten Bd. 87. Nr. 2082—2086. Januar 1876.

Masse eines Milligrammes eine Geschwindigkeit von einem Millimeter ertheilt.

Für die in der Elektrodynamik vorkommenden Grössenarten ergeben sich nach den Principien der absoluten Maassbestimmung die folgenden[1]) Definitionen:

1. Die Einheit für die Stromintensitäten.

Die Einheit für die Stromintensitäten ist die Intensität desjenigen Stromes, welcher, wenn er eine Ebene von der Grösse der Flächeneinheit (Quadratmillimeter) umfliesst, nach den elektromagnetischen Gesetzen dieselben Wirkungen in die Ferne ausübt, wie ein Magnetstab, welcher die oben definirte Einheit des Magnetismus enthält.

2. Die Einheit für die elektromotorischen Kräfte.

Die Einheit für die elektromotorischen Kräfte ist diejenige elektromotorische Kraft, welche von der oben definirten Einheit des Erdmagnetismus auf eine geschlossene Kette ausgeübt wird, wenn letztere so gedreht wird, dass die von ihrer Projection auf eine gegen die Richtung des Erdmagnetismus senkrechte Ebene begrenzte Fläche während der Zeiteinheit (Secunde) um die Flächeneinheit (Quadratmillimeter) zu- oder abnimmt.

3. Die Einheit des Widerstandes.

Die Einheit für den Widerstand ist der Widerstand einer solchen geschlossenen Kette, in welcher durch die oben definirte Einheit der elektromotorischen Kraft die vorher definirte Einheit der Stromintensität hervorgebracht wird.

Bezeichnet man die oben definirte Einheit für die Stromintensitäten mit I und irgend eine hiernach gemessene Stromintensität mit iI, worin i eine unbenannte Zahl bezeichnet, und bezeichnet man ferner die oben definirte Einheit der elektromotorischen Kräfte mit E und irgend eine nach derselben

[1]) „Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1840“ von Gauss und W. Weber (S. 86), und Elektrodynamische Maassbestimmungen von W. Weber in den Abhandlungen der Königl. Sächs. Ges. d. W. Bd. I. S. 219. (1852.)

gemessene elektromotorische Kraft mit eE, worin e eine unbenannte Zahl bezeichnet, so wird wW der Widerstand einer Kette sein, auf welche die elektromotorische Kraft eE wirkt und darin einen Strom von der Intensität iI hervorbringt, wenn W die oben definirte Widerstands-Einheit bezeichnet und $w = \frac{e}{i}$ eine reine Zahl ist. Der Widerstand dieser Kette ist also der Widerstands-Einheit gleich, wenn $e = i$ gefunden wird. Hieraus ergiebt sich, dass ein Leiter, welcher die vorher definirte Widerstands-Einheit besitzt, wirklich dargestellt werden kann.

Die praktische Herstellung eines solchen Leiters, dessen Widerstand als ein Vielfaches der definirten absoluten Einheit durch scharfe Messungen der dazu erforderlichen Grössen von Zeit und Raum bestimmt werden kann, ist der wesentliche Zweck der vorliegenden Arbeit. Das gemeinsame Interesse für die Elektrodynamik, welches uns zu dieser Arbeit verband, datirt aus dem Jahre 1871, in welchem die allgemeinere Bedeutung des elektrodynamischen Grundgesetzes auch für die Wechselwirkung anderer Körper eine grössere Aufmerksamkeit erweckte[1]). Ebenso haben im Verlaufe des verflossenen Decenniums die vom sogenannten Principe der Erhaltung der Kraft aus gegen das elektrodynamische Grundgesetz erhobenen Einwände die Veranlassung zu einer eingehenden Prüfung des Gesetzes gegeben, bei welcher sich die Nothwendigkeit einer strengeren Definition des erwähnten Principes ergab. Aus dieser Definition konnte dann unter Voraussetzung des elektrostatischen Grundgesetzes das elektrodynamische Grundgesetz der Wechselwirkung deducirt werden[2]). Hierdurch

[1]) Vgl. „Ueber die Natur der Cometen“ (1872, Engelmann) S. 334 Anwendung des Weber'schen Gesetzes auf die Bewegung der Himmelskörper. — Tisserand, *Note sur le mouvement des planètes autour du Soleil d'après la loi électrodynamique de Weber. Comptes rendus. Sept. 30. 1872.* — Ueber die universelle Bedeutung des Weber'schen Gesetzes. Wissenschaftliche Abhandlungen von F. Zöllner. Bd. II. Thl. 1. S. 7. — *De motu perturbationibusque planetarum secundum legem electrodynamicam Weberianam solem ambientium. Scripsit C. Seegers. Gottingae 1864.*

[2]) Abhandlungen der K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1878, u. Pogg. Ann. 1878. Heft 7. „Ueber die Energie der Wechselwirkung“ von W. Weber.

musste die Bedeutung des ursprünglich im Gebiete der Elektrodynamik gefundenen und angewandten Gesetzes für das gesammte Gebiet der Physik eine umfassendere werden, und gerade diese Erwägung, sowie die mannigfachen, sich hieran anknüpfenden, Fragen lieferten den Stoff zu einem mündlichen und schriftlichen Ideen-Austausch, welcher uns die praktische Ausführung absoluter Widerstandsmessungen nach einer bereits vor 30 Jahren vorgeschlagenen[1]), jedoch wegen Mangel an genügenden Hülfsmitteln und Räumlichkeiten bis jetzt nicht in grösserem Maassstabe zur Anwendung gekommenen, Methode wünschenswerth erscheinen liess. In der unten citirten Abhandlung sind im Ganzen vier verschiedene Methoden vorgeschlagen worden, welche von F. Kohlrausch in seiner Abhandlung über die „Zurückführung der Siemens'schen galvanischen Widerstandseinheit auf absolutes Maass"[2]) übersichtlich zusammengestellt und charakterisirt worden sind.

Die erste Methode benutzt die durch den Erdmagnetismus in einem bewegten Leiter von bekannten Dimensionen (Erd-Inductor) inducirte elektromotorische Kraft und findet die Stromstärke durch die Ausschläge einer kurzen Magnetnadel innerhalb eines Multiplicators von ebenfalls bekannten Dimensionen. Diese Methode erfordert nur die Kenntniss der Schwingungsdauer der Nadel, nicht der Intensität des Erdmagnetismus, da dieser die Stärke der Induction und die Schwingungsdauer der Nadel in gleichem Maasse beeinflusst und hierdurch seine Aenderungen auf das Resultat der Messung selber aufhebt. Nothwendig ist jedoch eine hinreichende Kürze der Nadel im Verhältniss zu den Dimensionen des Multiplicators, um praktisch die von diesem Verhältniss abhängenden Glieder höherer Ordnung vernachlässigen zu können. Entweder müssen also die Beobachtungen an einer kleinen Nadel angestellt werden, oder der Multiplicator muss in sehr bedeutenden Dimensionen ausgeführt werden. Letzteres ist bei der von

[1]) Vgl. die oben citirte Arbeit W. Weber's aus dem Jahre 1852. S. 220.

[2]) Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband VI. St. 1. — Der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen im Auszuge mitgetheilt am 5. Nov. 1870.

uns angewandten Methode der Fall, wie dies die spätere Beschreibung zeigen wird.

Die zweite Methode[1]) ist eine Modification der ersten, mit Rücksicht auf die Schwierigkeiten und bedeutenden Mittel, welche zur Realisirung der ersten Methode erforderlich sind. Als Galvanometer dient ein die Nadel eng umschliessender Multiplicator mit astatischer Nadel, deren Dimensionen den Anforderungen der grössten Empfindlichkeit und sonstigen Rücksichten beliebig angepasst sein können. Die Wirkung der Stromeinheit im Multiplicator auf die Nadel wird nämlich nicht, wie bei der ersten Methode, aus den Dimensionen berechnet, sondern findet sich empirisch nach den Gesetzen der Magneto-Induction durch die sogenannte Dämpfung, welche die Schwingungen der Nadel durch den geschlossenen Drahtkreis des Multiplicators erleiden. Ferner muss ausser der Schwingungsdauer noch das Trägheitsmoment der Nadel und die erdmagnetische Kraftcomponente, welche auf den Inductor wirkt, nach absolutem Maasse bekannt sein. Diese Methode ist die von F. Kohlrausch in seiner oben erwähnten Abhandlung angewandte.

Die dritte Methode[2]) zeichnet sich durch eine grosse Einfachheit der zu ihrer Anwendung erforderlichen Instrumente aus. Es ist nämlich nur ein Multiplicator erforderlich, in dessen Mitte eine Magnetnadel schwingt. Ist die Schwingungsdauer dieser Nadel, sowie das Verhältniss des Nadelmagnetismus zum Erdmagnetismus und die Vertheilung des ersteren in der Nadel ermittelt (durch Ablenkungsbeobachtungen an einer Boussole), so lässt sich hieraus und aus den Dimensionen des Multiplicators die durch die bewegte Nadel in dem letzteren erzeugte elektromotorische Kraft berechnen. Die Stärke des hierdurch inducirten Stromes und somit der Widerstand des Multiplicatordrahtes wird aus der beobachteten Dämpfung erhalten.

---

[1]) Wilhelm Weber, Abhandl. der K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1862. Bd. 10. S. 20. Auch separat gedruckt unter dem Titel: Zur Galvanometrie. Göttingen 1862.

[2]) Wilhelm Weber in der oben citirten Abhandlung S. 232.

Die vierte Methode[1]) erfordert einen durch rhythmische Umwendungen bewegten oder in rasche gleichförmige Rotation versetzten Multiplicator von bekannten Dimensionen und die Beobachtung der Ablenkung einer kleinen, in der Mitte des bewegten Multiplicators aufgehängten Magnetnadel. Diese Methode kann in zwei verschiedenen Modificationen zur Anwendung kommen, je nachdem der Multiplicator um eine horizontale oder verticale Axe bewegt wird. Im ersteren Falle muss das Verhältniss der beiden erdmagnetischen Componenten bekannt sein, da die horizontale Componente auf die Nadel wirkt, während die verticale inducirt.

Die Rücksicht auf die hohe praktische und wissenschaftliche Bedeutung der Herstellung einer in absolutem Maasse bestimmbaren Widerstandsgrösse hatte die *British Association* im Jahre 1862 veranlasst, ein Committee zu ernennen, um die zweckmässigsten Anordnungen zur Lösung der fraglichen Aufgabe zu berathen und der Association definitive Vorschläge zur praktischen Ausführung zu unterbreiten. Das Committee entschied sich unter Leitung von Sir William Thomson zur Anwendung der oben beschriebenen vierten Methode, und zwar in derjenigen Modification, bei welcher dem Multiplicator durch ein zweckmässig eingerichtetes Räderwerk eine möglichst gleichförmige, continuirliche Rotation ertheilt wird. Dieser Vorschlag des Committee's wurde acceptirt und mit bedeutendem Kostenaufwande zur Ausführung gebracht. Man findet die ausführliche Beschreibung der Instrumente in dem *Report of the Meetings of the British Association Vol. 33* vom Jahre 1863 (London 1874) S. 164—168.

Wenn bei dem beschriebenen Apparate die Rotationsaxe des Multiplicators nicht senkrecht, sondern horizontal in die Richtung der durch Induction abgelenkten Nadel gefallen wäre, was sich ohne wesentliche Steigerung der technischen Schwierigkeiten leicht hätte bewerkstelligen lassen, so wäre die störende Induction der Nadel auf den rotirenden Multiplicator fortgefallen und nur die Induction der hori-

[1]) Vgl. W. Weber „Zur Galvanometrie" S. 12.

zontalen Componente des Erdmagnetismus auf die Drahtwindungen des rotirenden Multiplicators übrig geblieben. Die in diesem Falle erforderliche Kenntniss der magnetischen Inclination an dem betreffenden Orte würde sich mit Hülfe des vor 30 Jahren von W. Weber beschriebenen und praktisch angewandten „Inductions-Inclinatoriums" (vgl. Poggendorff's Annalen Bd. 43. S. 493) mit einer Genauigkeit von derselben Ordnung wie derjenigen der absoluten Widerstandsmessung haben bestimmen lassen.

Bei der vom Committee[1]) gebilligten und angewandten senkrechten Stellung der Rotationsaxe findet nun aber gleichzeitig eine Induction durch die Magnetnadel und die horizontale Componente des Erdmagnetismus statt, so dass der erstere Theil dieser Doppel-Induction eliminirt werden muss. Mit Rücksicht auf die hieraus sich ergebenden Schwierigkeiten und Fehlerquellen ist bereits die ganze von der *British Association* zur Anwendung gebrachte Methode von F. Kohlrausch a. a. O. einer Kritik[2]) unterworfen worden, welcher wir uns im Allgemeinen vollkommen anschliessen.

F. Kohlrausch bemerkt bezüglich der vorher erwähnten Elimination der Induction durch den Nadelmagnetismus S. 5 wörtlich Folgendes:

> „Wollte man in dem vom Committee angewandten Multiplicator von 300 mm Durchmesser einen für galvanometrische Messungen gewöhnlich gebrauchten kleinen Magnet benutzen, so würde seine eigene Induction die des Erdmagnetismus weit übertreffen. Sollte die erstere als kleine Correction behandelt werden, so war deswegen eine

---

[1]) Ueber die Mitglieder des Committee's berichtet der *Report* S. 111 wörtlich:

„The Committee consists of — Professor Wheatstone, Professor Williamson, Mr. C. F. Varley, Professor Thomson, Mr. Balfour Stewart, Mr. C. W. Siemens, Dr. A. Matthiessen, Professor Maxwell, Professor Miller, Dr. Joule, Mr. Fleeming Jenkin, Dr. Esselbach, Sir C. Bright."

[2]) Poggendorff's Annalen. Ergänzungsband VI. St. 1. Auszugsweise in den Berichten der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen vom 5. Nov. 1870.

ungewöhnlich schwache Magnetnadel vorgeschrieben. Darin ist in der That das Committee sehr weit gegangen; so weit, dass ohne Zweifel noch niemals eine so schwache Magnetnadel zu einer Messung verwendet worden ist. Der Magnet bestand nämlich aus einer Stahlkugel von 8 mm Durchmesser, also aus einer für den Magnetismus möglichst ungünstig gestalteten Masse von etwa 2 gr. Diese kleine Kugel aber war nun noch absichtlich schwach magnetisirt und hatte einen Magnetismus nicht grösser als der, welchen man einer Nähnadel von der Masse $^1/_{40}$ gr mittheilen kann, wovon ich (Kohlrausch) mich durch den Versuch überzeugt habe. Die Stahlkugel lenkte nämlich (*Reqort 1863*, S. 172) aus 156,6 mm Entfernung eine Boussolen-Nadel um 27′ = Arc. tang. 0,0078 ab. Daraus folgt, die Horizontal-Intensität = 1,76 angenommen, das magnetische Moment:

$$M = {}^1/_2 \,.\, 1{,}76 \,.\, 156{,}6^3 \,.\, 0{,}0078 = 26000.$$

Da nun 1 mgr Stahl im Maximum etwa 1000 Einheiten dauernden Magnetismus annimmt[1]), so kann man den obigen Magnetismus einem dünnen Stäbchen von 26 mgr mittheilen.

Zur Illustration der Zahlen kann ferner dienen, dass ein gestrecktes Eisenstäbchen von 10 gr, in der Inclinationsrichtung gehalten, den obigen Nadelmagnetismus durch Induction des Erdmagnetismus annehmen würde. Ein einfacher Coconfaden von 2 m Länge war als Aufhängefaden der Stahlkugel nothwendig, um die Torsionskraft auf diejenige kleine Grösse zu reduciren, welche durch die Kleinheit der magnetischen Directionskraft und die elastische Nachwirkung geboten war. Nun denke man sich mit der allerfeinsten Nähnadel als Magnetnadel an einem etwa $^1/_4$ m langen Verbindungsstück einen Spiegel von 30 mm Durchmesser verbunden, der also für Luftströmungen, welche auch in einem gut geschlossenen Kasten nicht ganz ausbleiben, eine Fläche von etwa 14 qcm (der

[1]) Vgl. auch Schneebeli, Programm des Züricher Polytechnikums 1871—72.

Zeichnung entsprechend) darbot, die ganze Masse von einem Trägheitsmoment, dass ihre Schwingungsdauer (*Rep. 1863,* S. 173) 10 Secunden betrug, während diejenige der Nähnadel etwa $^2/_3$ Sec. betragen würde, und man hat im Wesentlichen das Magnetometer, auf welches die schwachen Ströme im Multiplicator wirkten, und bei welchem ein Einstellungsfehler von 2 Bogenminuten einen Fehler von 1 Procent im Resultate bewirkte. Dazu kommt noch, dass in unmittelbarer Umgebung dieses Magnetometers der grosse Multiplicator mit einer Geschwindigkeit bis zu 4 Umdrehungen in der Secunde rotirte.

Es erscheint als ein Mangel in den sonst so ausführlichen Berichten, dass, soweit mir bekannt, nirgends eine Beobachtungsreihe mit allen Einzelheiten wiedergegeben wird, damit man einen Anhaltspunct für oder gegen das genannte Bedenken gewönne. Erwähnt wird (S. 174 a. a. O.), dass einzelne Theile der länger dauernden Versuchsreihen, wegen Nicht-Uebereinstimmung mit anderen, von der Rechnung ausgeschieden worden seien; also scheinen bedeutende unaufgeklärte Unregelmässigkeiten vorgekommen zu sein. In der messenden Physik aber ist es immer bedenklich, anzunehmen, dass grössere Versuchsfehler nur zufälligen Ursprungs seien und durch eine hinreichende Anzahl von Beobachtungen eliminirt werden.

In der That, wenn wir nun die Schluss-Resultate ansehen, welche zur Veröffentlichung gelangt sind[1]), so scheinen diese ein leises Bedenken zu rechtfertigen. Diese Mittelzahlen weichen von einander noch bis zu 1,4 Procent ab. Man findet ferner, dass die langsamen Rotationen im Mittel ein um etwa 0,5 Procent anderes Resultat ergeben, als die raschen. In gleicher Weise erlaubt die Mittheilung einiger Beobachtungen von einem und demselben Tage (*Report 1863,* S. 175) ein Urtheil. Daselbst kommen vier Resultate vor, welche bis zu 2,3 Procent von einander

---

[1]) *Report of the British Association 1864. p. 350.* — Poggendorff's Annalen Bd. 126. S. 386.

abweichen. Und diese Zahlen beruhen jede auf etwa viertelstündigen Beobachtungsreihen mit je etwa 100 Scalen-Ablesungen, aus denen eventuell die am wenigsten stimmenden Zahlen bereits ausgeschieden worden sind. An so grossen Differenzen wird ein unbefangener Leser immer Anstand nehmen.

Ganz unverständlich aber sind mir die Abweichungen bis zu 8,5 Procent, welche unter Umständen eintraten, je nachdem der Inductor nach links oder rechts rotirte. Nach einer Andeutung des Hrn. Jenkin[1]) soll dieser Umstand darin seine Erklärung finden, dass „der Faden, an dem der Magnet suspendirt war, in der einen Richtung einen geringen Einfluss ausübte". Man ist versucht, auf eine einseitige, dauernde Torsion des Fadens zu schliessen, wodurch die beiderseitigen Ausschläge allerdings verschieden ausfallen. Aber um Differenzen zu erklären, wie sie hier vorkommen, musste die Torsion so gross sein, dass die magnetische Axe der Stahlkugel eine um viele Grade vom magnetischen Meridian abweichende Stellung gehabt hätte. Ein solches Versehen bei der Aufhängung darf man wohl kaum annehmen. Sollte es aber vorgekommen sein, so scheinen mir die betreffenden Beobachtungsreihen verwerflich; denn wenn man schon in der gewöhnlichen Praxis eine so grosse Unsymmetrie ungern zulässt, so würde sie gefährlich erscheinen bei der Kugelgestalt und dem schwachen Magnetismus des kleinen Magnets. Dass nämlich dessen magnetische Axe, auf deren Constanz schliesslich Alles ankommt, wirklich bis auf Bogenminuten constant sei, wenn sie nicht in der Richtung der magnetischen Directionskraft liegt, würde eine gewagte Behauptung sein.

Minder bedenklich wäre wohl die andere Interpretation des citirten Ausspruchs, dass eine Aenderung der Torsionsruhelage des Cocon durch elastische Nachwirkung im Spiel wäre, etwa, indem der Faden noch nicht lange aufgehangen war. Aber auch dieses möchte ich nicht gern

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. 126, S. 387.

annehmen, denn man hätte in diesem Falle die Beobachtungen aufschieben oder doch mindestens die Nachwirkung durch besondere Beobachtungen eliminiren sollen.

Kurz, man wird die Annahme kaum vermeiden können, dass der schwache Magnetismus der Nadel erhebliche Unzuträglichkeiten im Gefolge gehabt habe, und die Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf solche Beobachtungen anzuwenden halte ich, ohne den ausdrücklichen Nachweis von der Abwesenheit constanter Fehlerquellen, nicht für gerechtfertigt. Immerhin aber könnte der wahrscheinliche Fehler von 0,1 Procent, der für das Endresultat berechnet wird, sich nur auf die Scalenablesungen beziehen; ihn auf die ganze Messung zu übertragen würde voraussetzen, dass andere Fehlerquellen nicht vorhanden gewesen sind. Auch die, wenn auch sehr beachtungswerthe Uebereinstimmung der beiden im Jahre 1863 und 1864 gefundenen Zahlen bis auf 0,16 Procent kann nicht als unbedingt maassgebend betrachtet werden.

Wenn wir nun nach den anderen Fehlerquellen fragen, so erhebt Hr. W. Siemens zunächst einen Einwand gegen die Berechnung des mittleren Windungshalbmessers aus der Länge und der Windungszahl des Drahtes. Dass ein solches Verfahren bei dickem Draht unbedenklich ist, glaube ich aus eigenen sorgfältigen Versuchen schliessen zu dürfen. Der Querschnitt der hier vorliegenden Drahtsorte beträgt freilich, aus dem Gewicht und Gesammtwiderstand des Drahtes sowie aus den Dimensionen des Multiplicators zu schliessen, nur etwa 1 qmm, wobei man den obigen Einwand nicht ungerechtfertigt finden mag. Gross dürfte immerhin der daraus entspringende Fehler nicht sein."

Das Vorstehende enthält eine wörtliche Reproduction der Kritik, welche F. Kohlrausch vor 10 Jahren a. a. O. über die mit sehr bedeutendem Kostenaufwande von dem Committee der *British Association* ausgeführte Arbeit zur Herstellung einer galvanischen Widerstandseinheit veröffentlicht hat. Hierbei bemerkt Kohlrausch mit Recht, dass „auch nach der Auffassung des Committee *(Report 1864.* S. 346)

die *British Association*-Einheit factisch nicht ein absolutes, sondern nur ein Grundmaass sei, wobei es für den Gebrauch ganz gleichgültig ist, ob die Annäherung an das absolute Maass bis auf 2 oder bis auf 3 Procent geht. Soll ferner nach den Angaben des *Report* von 1864 S. 348 auch die Reproducirbarkeit der *British Association*-Einheit nicht auf eine Wiederholung der absoluten Messung gegründet werden, sondern auf das Leitungsvermögen von Metallen, worunter das von W. Siemens zu diesem Zwecke angewandte Quecksilber selbstverständlich obenan steht, so liegt kein Grund vor, aus welchem nicht runde und bequeme Dimensionen der Quecksilbersäule gewählt werden sollten."

„Die Frage, welche Widerstandseinheit zur allgemeinen Einführung geeignet sei", sagt Kohlrausch a. a. O., „gehört kaum in eine wissenschaftliche Untersuchung. Der Physik selbst kann ohne Zweifel die Concurrenz zwischen der Siemens'schen und der *British Association*-Einheit nur erwünscht sein, denn durch sie ist das beste Mittel gegeben, die Unveränderlichkeit beider zu prüfen, welche für wissenschaftliche Anwendungen allein in Betracht kommt. In der Praxis dürfte einmal die Stellung des Hrn. Werner Siemens zur Telegraphie seiner Einheit einen beträchtlichen Vorsprung gegeben haben; nicht minder wichtig ist der Umstand, dass die mit Umsicht eingerichteten und soviel mir bekannt auch gut eingetheilten Siemens'schen Scalen in grossem Maassstabe verbreitet worden sind. Auch kann man kaum leugnen, dass für den Praktiker die Definition aus dem Quecksilber eine verständliche ist, während die andere (von der *British Association* definirte) fürs erste nur Wenigen klar werden wird."

Das Vorstehende wird hinreichend sein, um die Aufgabe, welche sich vor zwanzig Jahren das Committee der *British Association* bei seinen Arbeiten gestellt hatte, als ein weder im Princip noch seiner praktischen Ausführung nach mit der erreichbaren Genauigkeit und Schärfe gelöstes Problem erscheinen zu lassen.

Die von Kohlrausch mit so grosser Umsicht a. a. O. angewandte zweite der oben (S. 449) erwähnten Methoden setzte, wie bemerkt, eine genaue Kenntniss der erdmagnetischen Con-

stante nach absolutem Maasse voraus und kann daher nur an solchen Orten ausgeführt werden, an welchen die hierzu erforderlichen Instrumente und Beobachtungen in genügender Vollkommenheit vorhanden sind. Dass in dieser Beziehung das magnetische Observatorium zu Göttingen, in welchem Kohlrausch seine Beobachtungen anstellte, allen Anforderungen entsprach, bedarf nicht einer besonderen Erwähnung.

Als Resultate seiner verschiedenen Messungen theilt Kohlrausch am Schlusse seiner Arbeit Folgendes mit:

I. 4,1029 Siemens = 3,9812 $\frac{\text{Erdquadrant}}{\text{Secunde}}$; also 1 Siem. = 0,9703
II. 4,1049 „ = 3,9903 „ „ „ = 0,9721
III. 4,0965 „ = 3,9849 „ „ „ = 0,9728

Hieraus ergiebt sich im Mittel:

1 Siemens-Quecksilber-Einheit = 0,9717 $\frac{\text{Erdquadrant}}{\text{Secunde}}$.

Zu diesen Resultaten bemerkt Kohlrausch wörtlich Folgendes:

„Was das Verhältniss der *British Association*-Einheit zur Siemens'schen betrifft, so darf als zuverlässigster bis jetzt veröffentlichter Werth wohl derjenige angesehen werden, welchen Hr. Dehms aus einer von Hrn. Jenkin angestellten Vergleichung ableitet:[1])

1 *British Association*-Einheit = 1,0493 Siemens-Einheit.

Hr. Dehms und Hr. Hermann Siemens hatten die Güte, auf meine Bitte eine neue Vergleichung anzustellen, wobei zunächst eine im Siemens'schen Laboratorium vorhandene *British Association*-Einheit (No. 61) sich = 1,0473 erwies. Da diese Vergleichung wegen Beschädigung der Einheit in der Luft vorgenommen werden musste, wird ihr keine entscheidende Bedeutung beigelegt. Ferner kamen die *British Association*-Einheiten der Herren Brix (No. 21) und Weber (No. 51) zur Vergleichung und ergaben vollständig übereinstimmend mit der obigen Zahl den Werth 1,0493. Vergleicht man diese Uebereinstimmung mit den früheren ernormen Differenzen in den

[1]) *Report of the British Association* 1864. S. 349, und Poggendorff's Annalen Bd. 136. S. 404.

Angaben über Widerstandseinheiten, so liegt darin ein sehr erfreulicher Beweis von dem Fortschritt auf diesem Gebiete der Messung[1]).

Unter Benutzung der Zahl 1,0493 $\frac{\text{Erdquadrant}}{\text{Secunde}}$ findet sich schliesslich:

1 *British Association*-Einheit = 1,0196 $\frac{\text{Erdquadrant}}{\text{Secunde}}$,

d. h. diese Einheit wäre danach um nahe 2 Procent grösser, als beabsichtigt wurde."

Bei der folgenden Arbeit kam es nun, wie bemerkt, zunächst darauf an, einen Normalleitungsdraht von solcher Beschaffenheit und Anordnung herzustellen, dass derselbe sowohl bezüglich seines Widerstandes als seiner räumlichen Verhältnisse jederzeit durch directe Messungen nach absolutem Maasse controlirt werden kann. Die Lösung dieser Aufgabe ist der wesentliche Inhalt der vorliegenden Arbeit, wogegen die Vergleichung dieses Normalleiters mit andern Widerstands-Einheiten einer späteren Arbeit vorbehalten bleibt, indem die hierzu erforderlichen elektrodynamischen Comparatoren gegenwärtig noch in Arbeit befindlich, hoffentlich aber in kurzer Zeit vollendet sind.

In Betreff der Localität für die Aufstellung der Apparate waren im Wesentlichen zwei Gesichtspuncte maassgebend. Erstens musste hinreichender Raum für den genügenden Abstand des Inductors vom Multiplicator vorhanden sein, und zweitens durften sich nicht Magnete in dem Raume befinden, welche ihren Einfluss auf die Induction und die Einstellung der Magnetnadel im Multiplicator geltend machen konnten. Die Berücksichtigung des ersten Umstandes verhinderte die Benutzung des kleinen, im Garten der hiesigen Universitäts-Sternwarte für astrophysikalische Beobachtungen erbauten Observatoriums. Die Berücksichtigung des zweiten Gesichtspunctes liess auch die für erdmagnetische Beobachtungen im Garten des hiesigen physikalischen Institutes befindliche „magnetische Warte" als ungeeignet erscheinen, wohingegen die Räumlichkeiten in der sogenannten „alten Sternwarte" auf

[1]) Vgl. Poggendorff's Annalen 1873. Heft 1.

der Pleissenburg, welche unter Möbius bereits früher als magnetisches Observatorium gedient hatten, alle diejenigen Erfordernisse vereinigten, die uns zu einer definitiven Aufstellung der Apparate wünschenswerth erschienen. Da diese Räumlichkeiten bereits anderweitig für physikalische und astronomische Zwecke reservirt sind, so ist hierdurch den Instrumenten auch für die Zukunft eine hinreichend stabile, durch keine Dislocation gestörte, Aufstellung gesichert. Zugleich gestattet die Beschaffenheit dieser Räume die Ausführung von später projectirten Experimental-Untersuchungen über einige physikalische Constanten, wie z. B. die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit nach Foucault und Fizeau und anderen physikalischen Methoden, sowie die Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde nach den Methoden von Cavendish und Reich. Da sich ausserdem in den erwähnten Localitäten auf der Pleissenburg ein Dreieckspunkt der Europäischen Gradmessuug befindet, so vereinigen sich alle Umstände, um die bezeichneten Räumlichkeiten zur praktischen Erforschung und Feststellung physikalischer Fundamentalbestimmungen nach absolutem Maasse als zweckmässig gewählte erscheinen zu lassen.

Bei der Construction und Herstellung der Apparate waren besonders zwei Gesichtspuncte zu berücksichtigen. Erstens mussten die Dimensionen des Multiplicators und Inductors von solcher Grösse gewählt werden, dass die technische Herstellung und Ausmessung der einzelnen Theile (Länge der Magnetnadeln, Durchmesser und Flächengrösse der von jeder Schicht der Drahtwindungen umschlossenen Kreisfläche) mit grosser Schärfe bewirkt werden konnten, so dass die unvermeidlichen Beobachtungsfehler das Gesammtresultat der Messung nur in Gliedern höherer Ordnung beeinflussen konnten. Zweitens mussten Einrichtungen getroffen werden, welche jederzeit eine Wiederholung und Controle der zur Bestimmung der Constanten des Apparates erforderlichen Operationen gestatteten.

Zu diesem Zwecke wurden besondere Vorrichtungen zum Abwickeln und Wiederaufwinden der gesammten Drahtmasse hergestellt, welche in Folgendem ausführlich beschrieben werden sollen.

Wie bereits oben S. 448 bemerkt, ist das Princip und die Construction der zu beschreibenden Instrumente bereits vor 30 Jahren in der mehrfach erwähnten Abhandlung W. Weber's: „Elektrodynamische Maassbestimmungen insbesondere Widerstandsmessungen" (Abhandl. d. Köngl. Sächs. Ges. d. W. Bd. I. 1846) ausführlich begründet und auch versuchsweise in kleinem Maassstabe praktisch zur Ausführung gekommen. Dass diese Methode ihrer Wichtigkeit entsprechend nicht bereits damals in einer solchen Grösse und Vollendung wie gegenwärtig verwirklicht und angewandt worden ist, hatte im Wesentlichen in dem Mangel genügender materieller und technischer Hülfsmittel seinen Grund.

II.

Beschreibung und Aufstellung der angewandten Instrumente.

Die Anfertigung der Instrumente wurde der Werkstätte astronomischer und physikalischer Instrumente von A. Repsold und Söhne in Hamburg übertragen und nach eingehender mündlicher Rücksprache mit Hrn. J. Repsold, dem gegenwärtigen Vertreter und Inhaber der Firma, im Herbste des Jahres 1876 nach sorgfältiger Prüfung der angefertigten Zeichnungen begonnen. Mit Rücksicht auf die Grösse der Dimensionen, in welchen Inductor und Multiplicator projectirt waren, und in Anbetracht des bedeutenden Gewichtes der Kupferdrahtmasse von ca. 200 kg, welche bei Erzeugung der Inductionsstösse in rhythmischen Intervallen bewegt werden musste, erschien es uns zweifelhaft, ob diese Umwendungen wie bei kleineren Inductoren bequem durch Menschenkraft bewirkt werden konnten. Hr. Repsold theilte unsere Ansicht und entschloss sich zur Construction einer durch Auslösung von Gewichten beweglichen mechanischen Vorrichtung, durch welche mittelst eines Seiles ohne Ende in zweckmässiger Weise die erwähnten Umwendungen bewerkstelligt werden sollten. Bei der praktischen Anwendung dieser von Hrn. J. Repsold sinnreich construirten Vorrichtung erwiesen sich jedoch die Erschütterungen des Bodens bei jedem Inductionsstosse so bedeutend, dass bis auf Weiteres dieser Apparat

ausser Thätigkeit gesetzt und die Umwendungen des Inductors durch Menschenkraft bewirkt wurden. Es konnte dies um so leichter geschehen, als sich die ursprünglich, wegen des grossen Trägheitsmomentes der zu bewegenden Masse, gehegten Bedenken in der Praxis bei Weitem weniger erheblich herausstellten.

Die Vollendung sämmtlicher Instrumente fand Ende April des Jahres 1877 statt und die Versendung von Hamburg nach Leipzig Anfang Mai desselben Jahres. Gleichzeitig war auf unsere Veranlassung nach vorangegangener Rücksprache mit Hrn. Werner Siemens eine für den beabsichtigten Zweck mit besonderer Sorgfalt angefertigte, mit Baumwolle besponnene Kupferdrahtmasse von 414,95 kg Gewicht und 3,33 mm Dicke in der Fabrik von Siemens und Halske angefertigt und bereits im October 1876 nach Leipzig gesandt worden. Am 13. Mai 1877 war die Aufstellung der Instrumente nach unserer Angabe und unter persönlicher Leitung des Hrn. J. Repsold, mit umsichtiger und thatkräftiger Unterstützung des Hrn. Mechanikus Carl Krille hierselbst (Schulstrasse 4) so weit vollendet, dass einige vorläufige Beobachtungen angestellt werden konnten. Die definitiven Beobachtungen, welche im dritten Theile der vorliegenden Arbeit zur Berechnung benutzt worden sind, wurden durch freundliche Betheiligung der Herren Professoren Riecke aus Göttingen, Heinrich Weber aus Braunschweig, des Hrn. Dr. Weinek, ersten Assistenten an hiesiger Sternwarte, und in einzelnen Fällen von uns selber ausgeführt. Hr. Mechanikus Krille hatte die Güte, die Drehungen des Inductors auf Commando eines der betheiligten Beobachter zu übernehmen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen mag nun die Beschreibung der wesentlichen Instrumente und ihrer Theile folgen.

Das Material, aus welchem die zum Aufwinden des Drahtes bestimmten Rollen hergestellt sind, ist gut getrocknetes und mit Oel getränktes Mahagoniholz. Dasselbe ist zur Vermeidung irgendwelcher Veränderungen durch das sogenannte Verziehen des Holzes aus einzelnen Stücken sorgfältig mit Leim und Messingschrauben zusammengefügt. Die Inductor- und Mul-

tiplicator-Rolle sind in allen Theilen in ganz gleicher Grösse ausgeführt, um eventuell, durch Vertauschung des Aufhängepunctes der Nadel, zu Repetitions- und Control-Beobachtungen benutzt werden zu können.

Fig. 1, Taf. I stellt die eine dieser beiden Rollen auf der Axe der Winde dar, welche mit Hülfe einer Dopperkurbel von zwei Arbeitern gedreht wurde, um den Draht von der in einer über 20 m tieferen Etage des Pleissenburg-Thurmes befindlichen und durch eine kreisförmige Oeffnung mit dem Beobachtungsraume unseres Observatoriums communicirenden Vorrichtung Fig. 2 auf die Inductor- und Multiplicatorrolle zu wickeln. Um dem Drahte die erforderliche Spannung zu ertheilen, war eine Bremsvorrichtung mit dem Gewichte p an einem Hebelarme h angebracht. Der auf dieser Vorrichtung befindliche hölzerne Cylinder war in der Werkstätte von Siemens und Halske benutzt worden, um den Draht aufzuwickeln und zu versenden. Es ist einleuchtend, dass bei einer Wiederholung der Messungen der Constanten des Apparates der Draht mit Hülfe derselben Vorrichtungen wieder abgewickelt werden kann, wodurch im Wesentlichen derjenigen Forderung entsprochen wird, welche wir oben bezüglich der Controlirbarkeit der Constanten eines Messapparates zu fundamentalen Massbestimmungen ausgesprochen hatten.

Behufs der Aufwickelung des Drahtes wurden die für den Inductor und den Multiplicator bestimmten Holzcylinder nacheinander auf der erwähnten, mit Zahnräder-Triebwerk und doppelter Kurbel versehenen, Axe befestigt und provisorisch mit ihrem Holzgestell verbunden, welches über der erwähnten Oeffnung des Fussbodens aufgestellt wurde. Die Zahl der Windungen wurde sowohl durch directe Zählung als durch ein von Hrn. Repsold mit der Axe in Verbindung gesetztes mechanisches Zählerwerk bestimmt. Wie später genauer mitgetheilt werden wird, befinden sich auf Inductor und Multiplicator je 12 Lagen von Draht, von denen eine jede aus 66 einzelnen Windungen besteht. Nach vollendeter Aufwickelung wurde jede der Rollen mit ihrer Axe in dem für dieselbe bestimmten Holzgestell fixirt, mit den für das obere und untere Axenlager bestimmten Theilen in Verbindung ge-

setzt und alsdann die beim Aufwickeln benutzte horizontale Axe durch Beseitigung der angeschraubten Holzbacken aus dem inneren Raum der beiden Rollen entfernt. Die eine dieser Rollen wurde als Multiplicator in der Ebene des magnetischen Meridians unverrückbar aufgestellt, während die andere senkrecht zum Meridian um ihre verticale Axe um 180° gedreht werden konnte. (Vgl. Grundriss Taf. II. Fig. 1.)

Fig. 3, Taf. I zeigt den Durchschnitt des Multiplicators mit der darin aufgehängten Magnetnadel, während Fig. 4 die Seitenansicht des Inductors mit der provisorischen Aufwinde-Vorrichtung darstellt. Die in beiden Apparaten an dem unteren Theile der Axe befindlichen Holzscheiben mit der darin angedeuteten Rinne waren ursprünglich zur Aufnahme des Seiles ohne Ende bestimmt, durch welches mit Hülfe des oben erwähnten mechanischen Apparates die Umwendung des Inductors bewerkstelligt werden sollte. Die Art und Weise, wie die Magnetnadel nebst Spiegeln an dem mit Torsionskreis versehenen Coconfaden befestigt worden ist, zeigt die schematische Zeichnung Fig. 5 in ein Viertel natürlicher Grösse. Der Verschluss des vom Multiplicator umschlossenen Raumes, in dem die Nadel hing, wurde durch zwei Holzdeckel bewirkt, in deren Mitte sich zwei durch Plangläser verdeckte Oeffnungen für gleichzeitige Spiegelablesungen an zwei, zu beiden Seiten des Multiplicators aufgestellten, Ablesungsfernröhren befanden[1]). Diese beiden Deckel sind abgenommen und in der perspectivischen Zeichnung auf Taf. II. Fig. 2 an das Multiplicatorgestell gelehnt dargestellt. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass hierbei alle Erfahrungen, welche bereits vor 40 Jahren gelegentlich der Beobachtungen des „magnetischen Vereins" gesammelt und beschrieben worden sind, auch im vorliegenden Falle in eingehender Weise sowohl bei der Construction der

[1]) Vergl. die auf Taf. II. Fig 1 angedeutete Skizze des Grundrisses zur Erläuterung der Aufstellung der Apparate. Die auf Taf. I befindlichen Figuren 1 — 5 sind verjüngte Copien der uns von Hrn. Repsold eingesandten Originalzeichnungen, welche zur Anfertigung der Apparate von ihm hergestellt und benutzt worden sind. Die in Fig. 1 u. 4 Taf. I punctirten Linien bezeichnen die provisorisch zur Aufwickelung des Drahtes mit dem Gestell verbundenen Theile.

Instrumente als auch bei Anordnung der Beobachtungen berücksichtigt worden sind. Zur Temperaturbestimmung waren an der Basis des Multiplicators und Inductors zwei, in Fünftel-Grade Celsius getheilte, Thermometer in verticaler Stellung angebracht, deren Längsrichtung in die Axe fiel und deren Kugeln möglichst tief in der Holzwandung eingelassen waren. Da im Beobachtungsraum durch passend angebrachte Fenstervorhänge dafür Sorge getragen war, dass kein Theil der Instrumente von directem Sonnenlichte getroffen worden konnte, so wird man im Allgemeinen bei nicht allzu plötzlichen Temperaturschwankungen die Temperatur des Drahtes übereinstimmend mit den Angaben der beiden Thermometer voraussetzen dürfen.

Das Gesammtgewicht der von Siemens und Halske bezogenen Drahtmasse beträgt laut Rechnung 414,95 kg im Preise von 1487,75 M, während sich die Kosten für die von A. Repsold und Söhne angefertigten Apparate laut Rechnung auf 5763 M. belaufen, welche Summe sich jedenfalls bedeutend reducirt haben würde, wenn der ursprünglich aus den oben S. 461 angeführten Gründen projectirte mechanische Umwendungs-Apparat des Inductors nicht zur Ausführung gekommen wäre.

III.

Ein Normalleiter zu elektrodynamischen Messungen nebst Beobachtungen zur Bestimmung seines Widerstandes nach absolutem Maasse.

Der Zweck der Einrichtungen, welche hier beschrieben werden sollen, und der damit ausgeführten Beobachtungen betrifft das ganze Gebiet der elektrodynamischen Messungen, welches lange Zeit fast nur auf Strommessungen beschränkt gewesen, allmälig aber mehr und mehr auch auf Widerstandsmessungen und elektromotorische Kraftmessungen ausgedehnt worden ist. — Die Entdeckung der Wasserzersetzung durch den elektrischen Strom hatte zur Construction von Voltametern, die Entdeckung des Elektromagnetismus zur Construction elektromagnetischer

Galvanometer (Tangenten- und Sinusboussolen) geführt; die Ohm'schen Gesetze endlich, insbesondere das Gesetz, wonach der Widerstand homogener Leiter dem Verhältniss ihrer Länge zu ihrem Querschnitt proportional ist, bahnten auch den Weg zu Widerstandsmessungen, indem danach z. B. jeder gleichförmige Kupferdraht seiner Länge nach als Widerstandsscale dienen konnte.

Auch für die Zurückführung aller dieser Scalen auf dieselbe Einheit oder gleiches Maass, welche Jacobi in Petersburg zuerst angeregt hat, bot sich das einfache Mittel dar, aus einem längeren gleichförmigen Kupferdrahte viele Stücke von gleicher Länge abzuschneiden und damit als Widerstands-Maasseinheiten alle Experimentatoren zu versehen.

Sodann ist die willkürliche Wahl dieser Widerstands-Maasseinheit zu beseitigen gesucht worden, und zwar auf verschiedene Weise, nämlich erstens, im Auftrag der *British Association*, von dem dazu berufenen *Standard Committee*, welches aus den ersten wissenschaftlichen Autoritäten dieses Faches zusammengesetzt war, durch Einführung eines Widerstandsmaasses = 10^{10} Einheiten nach dem Systeme der von Gauss eingeführten absoluten Maasse, wobei Secunde und Millimeter als Maasseinheiten für Zeit und Länge zu Grunde gelegt werden.

Trotz aller Mühe und Sorgfalt und aller zur Verfügung des von der British Association mit Herstellung dieses unter dem Namen British Association-Einheit bekannten Widerstandsmaasses beauftragten Standard Committee gestellten Mittel, hat sich doch aus späteren von Kohlrausch im 6. Ergänzungsbande von Poggendorff's Annalen mitgetheilten genauen und nach besserer Methode ausgeführten Messungen ergeben, dass diese British Association-Einheit nicht 10^{10} Einheiten, sondern $1{,}0196.10^{10}$ Einheiten nach dem System der von Gauss eingeführten absoluten Maasse enthält.

Unabhängig davon war zweitens auch von Dr. Werner Siemens in Berlin, um die früher ganz der Willkür überlassene Wahl der Widerstands-Maasseinheit zu beseitigen, die Annahme und Einführung des Widerstandes eines Quecksilbercylinders von 1000 Millimeter Länge und einem Quadrat-

millimeter Querschnitt als Widerstandsmaass befürwortet worden, und es war von ihm dieses Widerstandsmaass mit grosser Genauigkeit und Uebereinstimmung in mehreren Exemplaren wirklich dargestellt worden, sowie auch ganze darnach regulirte Widerstandsscalen, welche seitdem für den praktischen Gebrauch höchst wichtig und unentbehrlich geworden sind.

Das Gebiet der elektrodynamischen Messungen ist nun aber nicht auf Strommessungen und Widerstandsmessungen zu beschränken, sondern ist auch auf elektromotorische Kraftmessungen zu erstrecken, welche besondere Aufmerksamkeit darum in Anspruch nehmen, weil sie bei grösster Wichtigkeit und Bedeutung der wirklichen genauen Ausführung die grössten Schwierigkeiten entgegensetzen.

Stehen aber auch in den meisten Fällen der directen Ausführung elektromotorischer Kraftmessungen unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, so giebt es doch einige wenige Fälle, wo diese Kräfte nach absolutem Maasse bekannt sind, wenn auch nicht durch Messung ihrer Wirkungen, doch aus der Kenntniss ihrer Ursachen, z. B. die elektromotorischen Kräfte, welche der Erdmagnetismus auf ein geschlossenes Solenoid von bekannten Dimensionen ausübt, welches um eine bestimmte Axe mit bestimmter Geschwindigkeit gedreht wird.

In diesen besonderen Fällen wirklich darstellbarer elektromotorischer Kräfte von bekannter Grösse können nun ferner auf galvanometrischem Wege auch die von diesen Kräften im Solenoide inducirten Ströme gemessen werden, und die in diesem Falle erworbene Kenntniss, sowohl der elektromotorischen Kraft als auch des dadurch im Solenoide inducirten Stromes, führt nach dem bekannten Ohmschen Gesetze zur Kenntniss des Solenoid-Widerstandes, welcher nach diesen Gesetzen durch das Verhältniss jener Kraft zu diesem Strome bestimmt, nach absolutem Maasssystem diesem Verhältnisse gleich ist, worauf eben die Widerstandsmessung nach absolutem Maasse beruht.

Ist nun aber auf diese Weise in diesem besonderen Falle der Solenoidwiderstand nach absolutem Maasse bekannt

und bleibt derselbe auch (bei unveränderter Temperatur des Solenoids) constant der nämliche, so leuchtet ein, dass nun, auf dem Wege galvanometrischer Messung, alle (von den verschiedensten, auch ganz unbekannten elektromotorischen Kräften) in diesem Solenoide erregten Ströme gemessen werden können, und dass aus der Kenntniss dieser Ströme, in Verbindung mit der früher erworbenen Kenntniss des Solenoidwiderstandes, nach dem nämlichen Ohm'schen Gesetze, die Kenntniss aller unbekannten auf das Solenoid wirkenden elektromotorischen Kräfte gewonnen werden kann, von welchen jene Ströme erregt worden sind.

Diese Methode, zur Kenntniss elektromotorischer Kräfte zu gelangen, ist von grösster Wichtigkeit und Bedeutung, weil sie die einzige ist für alle elektromotorischen Molecularkräfte, die nämlich, wie alle Molecularkräfte, nur aus ihren Wirkungen bestimmt werden können.

Da aber nur nach absoluten Maassen das Verhältniss der elektromotorischen Kraft zur Stromstärke mit dem Leitungswiderstande als identisch gegeben ist, so müssen für diese Bestimmungsweise elektromotorischer Kräfte die Ströme sowohl als auch die Leitungswiderstände nach absolutem Maass gegeben sein. Alle Widerstandsbestimmungen nach andern Maassen, z. B. nach Jacobi's Kupferdraht oder nach Siemens' Quecksilbereinheit oder selbst auch nach der British Association-Einheit, bedürfen daher zu diesem Zwecke der Reduction auf absolutes Maass. Und diese Reductionen müssen (wie es beim Gebrauch der Uhren zum Zweck der Zeitmessung geschieht) immer wieder von neuem geprüft und berichtigt werden, wenigstens so lange man keine vollkommen unveränderlichen Leiter besitzt.

Wollte man dagegen einwenden, dass ganz das Nämliche, was hiernach von Widerstandsbestimmungen gefordert werde, mit gleichem Rechte auch von anderen Grössenbestimmungen nach absoluten Maassen zu fordern sein würde, z. B. von Längenmessungen nach dem Meter, als 10000000ten Theil des Erdquadranten, so würde zu erwidern sein,

dass in der That bei wichtigen und genauen Längenbestimmungen nach diesem Maasse in Fällen, wo dessen Verhältniss zum Umfang der Erde wesentlich in Betracht kommt, nicht schlechtweg auf seine Bestimmung aus früheren Beobachtungen, die gegenwärtig blos auf Treu und Glauben angenommen werden können, gebaut werde, sondern dass diese früheren Beobachtungen durch neuere Beobachtungen geprüft und nur dann ungeändert zugelassen werden, wenn sie dadurch bestätigt gefunden worden sind. Nur ist die Ausführung solcher Prüfungen, wenn keine besonderen Einrichtungen dafür getroffen sind, so schwierig, dass sie nur selten mit Erfolg bewerkstelligt werden kann.

Es ergiebt sich daraus, dass es von grösster Wichtigkeit ist, Einrichtungen zu treffen, welche es möglich machen und möglichst erleichtern, frühere Beobachtungen, auf denen die Feststellung und Darstellung der Maasse beruhte, durch spätere Beobachtungen jederzeit prüfen und bestätigen oder berichtigen zu können.

Solche Prüfungen und Bestätigungen oder Berichtigungen werden nun bei Zeitmessungen, wenn sie höheren wissenschaftlichen Zwecken dienen, wirklich immer angewandt, weil man sich nicht auf das auch durch die vollkommensten Uhren gegebene Zeitmaass und auf die zu seiner Bestimmung früher gemachten Beobachtungen verlässt, sondern zum Zwecke der neu auszuführenden Messungen immer neue Beobachtungen zur Prüfung des Ganges der Uhren macht.

Solche Prüfungen und Bestätigungen oder Berichtigungen lassen sich nun mit Widerstands-Etalons, wie sie auf Veranstaltung der Brisish Association dargestellt worden sind, unmittelbar gar nicht ausführen, und auf mittelbaren Wegen würde, abgesehen von grösserer Arbeit, die Prüfung leicht an Genauigkeit so viel verlieren, dass sie zum Zweck der neu auszuführenden Messungen gar keinen oder nur geringen Vortheil darböte. Es würde sich mit dieser Prüfung ähnlich verhalten, wie wenn der ursprüngliche, im französischen Staatsarchive niedergelegte Meter-Etalon oder eine Copie desselben, einer Prüfung durch neue Beobachtungen unterworfen werden sollte, ob derselbe wirklich dem 10 000 000 ten Theile

des Erdquadranten gleich sei — eine Prüfung, die schwer auszuführen sein würde.

Sollte nun nicht auf Treu und Glauben und auf Unveränderlichkeit des Meter-Etalons gebaut werden, sondern sollte die Prüfung und Bestätigung für diese Längenmaassbestimmung durch neue Beobachtungen jederzeit offen erhalten werden, so leuchtet ein, dass zur Erreichung dieses Zwecks doch jedenfalls freistehen würde, statt der festgesetzten Maasseinheit des Meters selbst, irgend eine andere aber genau nach dieser Maasseinheit bestimmte Grösse als Normallänge aufzustellen, wenn dadurch eine Vereinfachung und Erleichterung der immer wiederholt auszuführenden Prüfungen gewonnen werden könnte, was z. B. der Fall sein würde, wenn von allen zu den geodätischen Vermessungen gebrauchten Dreieckseiten eine solche gefunden und mit solchen Einrichtungen versehen werden könnte, dass sie erstens mit jeder beliebigen Längenscala jederzeit genau gemessen und diese Messung jederzeit mit gleicher Genauigkeit wiederholt werden könnte, und dass zweitens beliebige neue zur Grössen- und Gestaltbestimmung der Erde dienende Triangulationen mit ihr verbunden werden könnten. Durch solche neue Triangulationen würde nämlich die ursprüngliche Bestimmung der Dreieckseite in Meterzahl wiederholt und dadurch jederzeit von neuem geprüft werden können, während durch die Messung der Dreieckseite mit beliebigen Scalen es möglich werden würde, jede mit diesen Scalen messbare Länge in Theilen der Dreieckseite und folglich auch in Metern zu bestimmen.

Auf gleiche Weise braucht nun zu Begründung genauer Widerstandsmessungen nach absolutem Maasse das festgesetzte Maass keineswegs selbst dargestellt zu werden, sondern es genügt jede beliebig getheilte Widerstandsscala, mit welcher der Widerstand eines Normalleiters genau verglichen und gemessen werden kann.

Unter einem Normalleiter verstehen wir aber einen Leiter, dessen Widerstand nach absolutem Maasse genau bestimmt worden ist und jederzeit mit gleicher Genauigkeit wieder bestimmt werden kann.

Die an einen solchen Normalleiter gestellte Forderung aber, dass nämlich sein Widerstand nach absolutem Maasse genau bestimmt worden sei und jederzeit mit gleicher Genauigkeit wieder bestimmt werden könne, setzt nun voraus, dass dieser Normalleiter mit Einrichtungen zu genauen absoluten Widerstandsmessungen versehen sei. Zugleich leuchtet vom praktischen Gesichtspunkte ein, dass nicht blos die Genauigkeit, mit welcher diese Widerstandsmessung des Normalleiters ausgeführt werden könne, sondern auch die Einfachheit der Beobachtungen und die zu ihrer Ausführung erforderliche Zeit wesentlich in Betracht komme.

Für die Wahl und Einrichtung eines solchen Normalleiters kommt daher zunächst die Wahl der zu Messung seines Widerstands anzuwendenden Methode in Betracht. F. Kohlrausch hat nun in einer im Jahre 1874 im 6ten Ergänzungsbande von Poggendorff's Annalen erschienenen klassischen Arbeit („Zurückführung der Siemens'schen galvanischen Widerstandseinheit auf absolutes Maass"), welche die genauesten bisher ausgeführten absoluten Widerstandsbestimmungen enthält, vier verschiedene Methoden der absoluten Widerstandsmessung angeführt. Alle diese vier Methoden haben mit einander gemein, dass ein Leiter verlangt wird, der als Inductor und auch als Multiplicator dient, entweder indem ein Theil desselben den Inductor bildet, ein anderer Theil den Multiplicator, oder indem der ganze Leiter beiden Zwecken zugleich dient.

Von diesen vier Methoden möge hier blos erwähnt werden, dass nach Verschiedenheit der Verhältnisse bald die eine, bald die andere den Vorzug verdienen kann, dass aber unter Verhältnissen, die keine Beschränkung in den zu wählenden Mitteln auferlegen, die erste Methode ihrer Einfachheit und der grösseren, durch sie erreichbaren Genauigkeit wegen vor allen anderen den Vorzug verdiene, bisher aber aus Mangel an Mitteln noch niemals in Anwendung gekommen ist. Da nun vorausgesetzt werden darf, dass, wo sichere Begründung absoluter Widerstandsmessungen ernstlich in's Auge gefasst wird, die Beschaffung der Mittel zu genauester Ausführung kein Hinderniss oder Bedenken finden werde, so dürfen wir zu

unserem Zwecke uns hier auf die Betrachtung dieser ersten Methode beschränken, von welcher Kohlrausch sagt:

„Die erste [Methode] benutzt die durch den Erdmagnetismus in einem bewegten Leiter von bekannten Dimensionen (Erdinductor) inducirte elektromotorische Kraft und findet die Stromstärke durch die Ausschläge einer kurzen Magnetnadel innerhalb eines Multiplicators von ebenfalls bekannten Dimensionen. Verlangt ist ausserdem nur die Schwingungsdauer der Nadel, nicht etwa die erdmagnetische Intensität, da diese sich heraushebt. Erforderlich ist aber, dass die Nadel kurz sei gegen den Durchmesser des Multiplicators. Entweder also müssen die Beobachtungen an einer kleinen Nadel angestellt werden oder, der Multiplicator ist in sehr bedeutenden Dimensionen auszuführen".[1])

[1]) Zur näheren Erläuterung dieser Methode diene folgende Ableitung derselben aus der bekannten Theorie der Tangentenboussole.

Ein in der Richtung des magnetischen Meridians fest aufgestellter kreisförmiger Leiter von grossem Durchmesser (der mehrere Umwindungen haben kann) mit kurzer Nadel in seinem Mittelpunkte bildet ein Galvanometer, welches mit dem Namen der Tangentenboussole bezeichnet worden ist.

Der durch den kreisförmigen Leiter der Tangentenboussole gehende Strom i übt auf den Nadelmagnetismus m ein Drehungsmoment $= 2ami$ aus, wo a den Quotienten der umströmten Fläche $n\pi rr$ dividirt durch den Cubus der für alle Stromelemente gleichen Entfernung r vom Nadelmittelpunkte bezeichnet, also $a = \frac{n\pi}{r}$ ist, wo n die Zahl der Umwindungen bezeichnet, und ertheilt der das Trägheitsmoment k besitzenden Nadel in der Zeit dt die Drehungsgeschwindigkeit dC:

$$dC = 2\frac{am}{k} \cdot idt = 2\frac{n\pi}{r} \cdot \frac{m}{k} \cdot idt.$$

Ist nun i der von einer elektromotorischen Kraft e in dem geschlossenen Leiter (zu welchem der Kreis der Tangentenboussole gehört) erzeugte Strom und w der Widerstand des Leiters, und sind i, e, w nach absoluten Maassen bestimmt, so ist $i = \frac{e}{w}$ und folglich

$$dC = 2\frac{n\pi}{r} \cdot \frac{m}{k} \cdot \frac{1}{w} edt,$$

folglich

$$C = 2\frac{n\pi}{r} \cdot \frac{m}{k} \cdot \frac{1}{w} \int edt.$$

Für den oben verlangten Normalleiter geht hieraus hervor, dass er in Form eines Inductors und Multiplicators von sehr grossen Dimensionen dargestellt werden müsste, wenn die Messung seines Widerstandes nach der ersten, dem Zwecke am besten entsprechenden, Methode ausgeführt werden soll.

Ohne auf eine nähere Motivirung der zweckmässigsten Construction eines solchen Normalleiters im Allgemeinen einzugehen, beschränken wir uns hier auf eine Beschreibung desselben, wie er zum Zweck der näher zu beschreibenden Beobachtungen wirklich ausgeführt und im Jahre 1878 in Leipzig, im Local der alten Sternwarte auf der Pleissenburg aufgestellt worden ist.

Der Normalleiter ist so construirt worden, dass man eine genau messbare elektromotorische Kraft auf ihn wirken lassen kann, und dass durch diese Kraft ein genau messbarer elektrischer Strom darin inducirt werde, um aus dem Verhältniss jener Kraft zu diesem Strome die Kenntniss seines Widerstandes zu gewinnen.

Es würde nun freistehen, entweder den Normalleiter in zwei Theile zu scheiden, nämlich den ersten, auf welchen die elektromotorische Kraft wirkt, und den zweiten,

---

Kann nun ein Inductionsstoss mit einem Erdinductor in sehr kurzer Zeit, die nur einen kleinen Theil der Schwingungsdauer bildet, ausgeführt werden, und bezeichnet $^1/_2 p$ die Grösse der vom Inductor umwundenen Fläche, so ist bekanntlich für einen solchen Inductionsstoss, wenn T den inducirenden (z. B. horizontalen) Erdmagnetismus bezeichnet,

$$\int e\,dt = p\,T,$$

folglich

$$C = 2\,\frac{n\pi}{r} \cdot \frac{m}{k} \cdot \frac{1}{w} \cdot p\,T,$$

worin $\frac{m\,T}{k} = \frac{\pi^2}{\tau^2}$ nach bekanntem Schwingungsgesetze ist, wenn τ die auf unendlich kleine Bögen, Dämpfung und Torsion reducirte Schwingungsdauer bezeichnet, also $w = 2\,\frac{n\pi p}{r} \cdot \frac{\pi^2}{C\tau^2}$, oder, wenn $2\,\frac{n\pi}{r} = q$ gesetzt wird:

$$w = \pi^2 \cdot \frac{pq}{C\tau^2}.$$

von wo aus der hindurchgehende inducirte Strom die zu messende Wirkung ausübt, oder es würde auch freistehen, den ganzen Leiter zu benutzen, sowohl um darauf die elektromotorische Kraft wirken zu lassen, als auch um von da aus durch den Strom die messbare Wirkung zu erregen.

Die erste dieser beiden Alternativen führt zu den von Kohlrausch angeführten Methoden Nr. 1 und Nr. 2, von denen Kohlrausch die letztere zu seinen Messungen und wir die erstere gewählt haben. Die zweite Alternative führt zu den von Kohlrausch angeführten Methoden Nr. 3 und Nr. 4, von denen die letztere von der *British Association* angewandt worden ist.

Wir scheiden also den Normalleiter in zwei Theile, von denen wir den einen, auf welchen die elektromotorische Kraft wirkt, den Inductor, den andern, welcher zur Messung des inducirten durch den ganzen Leiter gehenden Stroms dient, den Multiplicator nennen.

Ferner übersieht man leicht, dass sowohl zum Inductor als Multiplicator aus einem Drahte gewundene Solenoide zu nehmen sind, deren elektrische Ströme als Systeme paralleler Kreisströme bei Berechnung ihrer Wirkung betrachtet werden dürfen. Solche Solenoide sind, wie bekannt, für einen Erdinductor sowohl als auch für den Multiplicator einer Tangentenboussole die angemessenste Form.

Ferner ist bekannt, dass, wenn der Inductor und der mit dem Leiter zu füllende Raum des Multiplicators gegeben wäre, für die Strommessung es am vortheilhaftesten sein würde, den Widerstand des Multiplicators dem des Inductors gleich zu machen.

Was endlich die Grösse des Inductors betrifft, so würde zwar mit derselben, auch bei einem gegebenen Widerstande des Multiplicators, die elektromotorische Kraft immer wachsen; doch muss der Grösse des Inductors eine Grenze gesetzt werden, damit die Inductionsstösse schnell genug und ohne Erschütterung ausgeführt werden können, was der Präcision und guten Uebereinstimmung der Beobachtungen wegen nothwendig ist.

Aus der Erfahrung hat sich ergeben, dass zum Zweck präciser Ausführung der Inductionsstösse das Gewicht eines Solenoids bei etwa 1000 Millimeter mittlerem Durchmesser seiner Umwindungen nicht über 200 Kilogramm betragen darf. Die Stärke des zum Normalleiter zu wählenden Kupferdrahtes ist verschieden nach Grösse des Widerstandes, für welchen die genauesten Maassbestimmungen verlangt werden. Wird dieser Widerstand auf ungefähr 10 Siemens'sche Quecksilbereinheiten, oder 10 *British Association*-Einheiten oder 10^{10} absolute Maasseinheiten angenommen, wovon die Hälfte auf den Inductor käme, so würde zum Inductor Kupferdraht von etwa $3^1/_3$ Millimeter Dicke zu wählen sein.

Ebenso ist der Grösse des Multiplicators eine Grenze gesetzt, welche bei gegebenem Widerstande nicht überschritten werden darf, um eine für genaue Messungen hinreichend grosse Galvanometer-Empfindlichkeit zu erlangen.

Die beiden als Inductor und Multiplicator dienenden Solenoide sollen also gleichen Widerstand besitzen und dürfen beide an Grösse gewisse Grenzen nicht überschreiten; bei gleicher Drahtstärke ergiebt sicht daraus leicht als das zweckmässigste, beide ganz gleich zu machen, so dass also der ganze Normalleiter in zwei vom Inductor und Multiplicator gebildete ganz gleiche und symmetrische Hälften zerfällt.

Es wird später näher betrachtet werden, welche Vortheile diese Symmetrie der beiden Solenoide, nämlich des Inductors und Multiplicators, gewährt.

Die Walzen, auf welche diese beiden Solenoide aufgewunden sind, dürfen keine Spur von Eisen oder andern magnetischen Stoffen enthalten und müssen so beschaffen sein, dass sie leicht gedreht und dadurch in jede beliebige Lage gebracht werden können. Es gilt dies besonders von dem zum Inductor bestimmten Solenoide, zum Zwecke der schnell damit auszuführenden Inductionsstösse. Bei der Grösse dieser Walzen ist Holz wegen seines geringen specifischen Gewichts und wegen seiner bei guter Auswahl und Behandlung grossen Festigkeit und Unveränderlichkeit als das dazu geeignetste Material gewählt worden, und zwar altes Mahagoniholz, in

kleinen Stücken und verschiedenen Lagen sorgfältig zusammengeleimt.

Auf diese Weise sind für den Inductor und Multiplicator zwei ganz gleiche hohle Holzcylinder von 1100 Millimeter Durchmesser und 350 Millimeter Höhe gebildet worden. Die Höhlung zerfällt in eine innere von 638 Millimeter Durchmesser, welche durch den ganzen Holzcylinder durchgeht, also 350 Millimeter tief ist, und in eine ringförmige, welche von der äusseren Cylinderfläche aus 70 Millimeter tief eingedreht ist, 254 Millimeter Breite hat und bis zu 40 Millimeter Höhe von den Drahtwindungen eingenommen und ausgefüllt ist.

An zwei diametral gegenüberliegenden Stellen sind nach Aufwindung des Drahtes zwei hölzerne Bügel mit der Holzwalze fest verbunden worden, von denen der eine einen hohlen Zapfen trägt, durch welchen die beiden Enden des aufgewundenen Drahtes von der Walze nach aussen geführt werden, der andere einen massiven, am Ende mit einer Messingspitze versehenen Zapfen trägt, und mit dieser Spitze bei Aufstellung des Solenoids auf einem massiven Holzgestelle in eine daran angebrachte Pfanne zu stehen kommt, so dass das ganze Solenoid um eine durch diesen festen Stützpunkt gehende Verticalaxe gedreht werden kann. (Vgl. Taf. I Fig. 3 und Taf. II Fig. 2.)

Das feste Gestell umgiebt rahmenförmig das ganze Solenoid. Am Boden dieses festen Gestells befindet sich die schon erwähnte Pfanne, worin das Solenoid mit der Messingspitze seines nach unten gekehrten festen Zapfens aufsteht, während das Holzgestell oben über dem Solenoide mit einer runden Oeffnung versehen ist, durch welche der hohle am Solenoid angebrachte Holzzapfen (durch welchen die beiden Enden des aufgewundenen Drahtes vom Solenoid nach aussen geführt werden) frei drehbar hindurchgeht. Von diesen beiden mit dem Solenoid fest verbundenen Zapfen wird eine verticale Drehungsaxe des Solenoids gebildet und das feste Holzgestell ist ausserdem mit Einrichtungen versehen, um diese Drehungsaxe, wenn sie aus der verticalen Richtung gewichen wäre, genau wieder einzustellen.

Alle diese Einrichtungen sind für beide Solenoide ganz gleich; eine Verschiedenheit findet zwischen ihnen nur darin statt, dass erstens am Holzgestelle des Inductors noch besondere Hemmungen angebracht sind, um die Drehung desselben bei einem Inductionsstosse genau auf einen Halbkreis zu beschränken, und zwar in solcher Weise, dass bei jeder Hemmung die Inductoraxe mit dem magnetischen Meridiane genau zusammenfällt. Die Art, wie diese Hemmung bewerkstelligt wird, ist von keiner wesentlichen Bedeutung und bedarf daher keiner näheren Beschreibung.

Zweitens aber findet ein anderer viel wesentlicherer Unterschied zwischen beiden Solenoiden darin statt, dass das Multiplicator-Solenoid, zum Zweck der Ergänzung zum Galvanometer, ein Magnetometer umschliesst, welches zu dem hier vorliegenden Zwecke eine besondere Einrichtung erhalten musste, die einer genaueren Beschreibung bedarf. (Vgl. Taf. I Fig. 5.)

Zu absoluten Messungen der Stromintensität, wie sie zu absoluten Widerstandsmessungen erfordert werden, darf nämlich, wie aus der Construction der Tangentenboussole schon bekannt ist, die Länge der Magnetometernadel nur einen kleinen Bruchtheil vom Durchmesser der Multiplicatorwindungen betragen, z. B. bei einem mittleren Durchmesser der letzteren von 1000 Millimeter nur etwa 100 Millimeter. Eine solche Nadel, stark magnetisirt und an einem Coconfaden aufgehangen, würde nun aber eine sehr kurze Schwingungsdauer haben, etwa von 4 Secunden, und da die zu den beabsichtigten Versuchen erforderlichen Inductionsstösse in einem nur kleinen Bruchtheile dieser Schwingungsdauer ausgeführt werden sollen, z. B. nur im 10ten Theile derselben, so würde die bei der Schwere des Inductors ungefähr 2 Secunden erfordernde Ausführung nicht möglich sein.

Es ist daher die Einrichtung getroffen worden, dass die 100 Millimeter lange Nadel (ein gehärteter Stahlcylinder von 10 Millimeter Durchmesser und 100 Millimeter Länge) nicht unmittelbar am Faden hängt, sondern dass der Faden ein Schiffchen trägt, worauf die Nadel gelegt werden kann, und

an diesem Schiffchen ist horizontal und rechtwinkelig gegen die Nadel eine dünne Messingröhre befestigt, welche an ihren Enden zwei parallele und verticale Planspiegel, in einem Abstande von 272 Millimeter von einander, trägt. Die Schwingungsdauer der Nadel wurde dadurch bis etwa auf 30 Secunden verlängert und dadurch hinreichende Zeit zu präcisester Ausführung der Inductionsstösse und aller damit zu verbindenden Beobachtungen gewonnen.

Statt der 100 Millimeter langen Nadel konnte aber in das Schiffchen auch eine 200 Millimeter lange Nadel eingelegt werden, deren Schwingungsdauer nur etwa 17 Secunden betrug, und auch damit liessen sich bei einiger Uebung die Inductionsstösse und alle Beobachtungen mit aller erforderlichen Genauigkeit ausführen. Der zwar geringe, aber messbare Einfluss, den die grössere Nadellänge bei gegebenem Multiplicatordurchmesser nach diesen Beobachtungen auf die Widerstandsbestimmung hatte, liess sich dann, wie man leicht sieht, zu einer Correction wegen Nadellänge auch für den mit 100 Millimeter langer Nadel erhaltenen Widerstand benutzen, um den Einfluss der Nadellänge auf das Resultat der Messung möglichst ganz auszuschliessen.

Die Beobachtungen der durch Inductionsstösse hervorgebrachten Nadelelongationen wurden sodann gleichzeitig mit zwei mit Scalen versehenen Ablesungs-Fernröhren gemacht, die in den entgegengesetzten Richtungen der beiden Spiegelnormalen, jedes in etwa 4000 Millimeter Abstand vom zugehörigen Spiegel, aufgestellt waren. (Vgl. Taf. II Fig. 1.)

Abgesehen davon, dass die mit beiden Fernröhren zugleich gemachten Beobachtungen einander wechselseitig controlirten, wodurch jedem Irrthume vorgebeugt wurde, bot diese Einrichtung noch den grossen Vortheil dar, dass die Bestimmung des Winkelwerthes der Scalentheile unabhängig gemacht wurde von der Messung des Horizontalabstandes des Spiegels von der Scale, welche bei der grossen Beweglichkeit des mit der immer in Schwingung befindlichen Nadel verbundenen Spiegels sehr grosse Schwierigkeiten findet. Bei dieser neuen Einrichtung bedurfte es nur der Messung des Horizontalabstandes der beiden festen und einander parallelen Scalen und

des Abstandes der beiden ebenfalls mit einander fest verbundenen parallelen Spiegel, die beide mit grösster Genauigkeit leicht ausgeführt werden konnten.

Die Aufhängung des Nadelschiffchens an einem Coconfaden mittelst Torsionskreises, und die Einrichtung zum Heben und Senken der Nadel, um ihren Mittelpunkt mit dem Mittelpunkte des Multiplicators genau zusammenfallen zu lassen, wie sie auch bei andern Magnetometern gebräuchlich sind, bedürfen keiner näheren Beschreibung. Es bleibt nur noch hinzuzufügen übrig, dass der vom Multiplicator umschlossene Raum, in dessen Mitte die Nadel hing, von Osten und Westen mit zwei Holzdeckeln verschlossen werden konnte, in deren Mitte zwei grosse kreisrunde Plangläser eingesetzt waren, durch welche hindurch die Spiegelbilder der beiden Scalen mit den beiden Ablesungsfernröhren sich beobachten liessen. (Vgl. Taf. II. Fig. I.)

Was nun die Ausführung dieses eben beschriebenen Normalleiters und des damit verbundenen Magnetometers betrifft, so verdanken wir dieselbe theils der besonderen Güte und Freundlichkeit, womit Herr Dr. Werner Siemens in Berlin die Auswahl und die Lieferung des übersponnenen Kupferdrahtes übernommen und für vollkommene Ausführung ganz in der gewünschten Weise gesorgt hatte; theils den Herren Gebrüder Repsold in Hamburg, welche nicht blos die beiden Walzen, auf welchen der Draht aufgewickelt werden sollte, nebst dem Magnetometer und allen Einrichtungen zum Zwecke der Aufwickelung des Drahtes und der Zählung der Umwindungen ausgeführt hatten, sondern auch die in Leipzig zu bewerkstelligende Aufwickelung des Drahtes und Aufstellung des ganzen Apparates im Local der alten Sternwarte auf der Pleissenburg übernommen hatten.

Abgesehen von den dabei getroffenen besonderen Vorkehrungen, um den Draht beim Aufwickeln immer gleichgespannt zu erhalten, und die Möglichkeit eines Irrthums bei Zählung der Umwindungen, durch die Controle eines mit der Walze verbundenen zuverlässigen Zählers, ganz auszuschliessen, bleiben noch die besonderen Einrichtungen hervorzuheben, welche getroffen worden waren, um den aufgewundenen Draht

auch wieder von der Walze abwinden und mit gleicher Sorgfalt und Genauigkeit neu aufwinden zu können.

Zu den Elementen, welche nämlich zur Widerstandsbestimmung des Normalleiters nach absolutem Maasse gebraucht werden, gehören auch zwei Elemente, deren Bestimmung nothwendig theils vor, theils während der Aufwickelung des Normalleiters auf die Inductor- und Multiplicatorwalze gemacht werden muss, weil sie am fertigen Inductor und Multiplicator nicht mehr gemacht werden kann. Diese Elemente sind erstens die Peripherie jeder Walze ohne Draht, vorausgesetzt, was sich leicht prüfen lässt, dass die Walze wirklich genaue Cylinderform habe; zweitens die Zahl der übereinander gewickelten Windungsschichten und die Zahl der Umwindungen jeder Schicht.

Die Cylinderform der Walze, ehe der Draht darauf gewunden wurde, liess sich durch Messung des Umfangs an verschiedenen Stellen sehr leicht prüfen, wonach die Drahtlänge aller Umwindungen der ersten oder untersten Schicht sich gleich ergab. Aber auch nach Aufwindung des ganzen Drahtes ergab sich der vergrösserte Umfang ebenfalls überall so gleich, dass die Drahtlänge auch aller Umwindungen der letzten Schicht und jeder zwischenliegenden als gleich angenommen werden durfte. Hiernach genügen zum Zwecke der absoluten Widerstandsmessung von solchen Bestimmungen, deren Kenntniss nur vor oder während der Aufwickelung des Drahtes gewonnen werden kann, folgende zwei: nämlich erstens die Kenntniss des Umfangs der Walze ohne Draht, und zweitens die Kenntniss der Zahl der Schichten übereinander nebst der Zahl der Umwindungen jeder Schicht.

Aber diese beiden Bestimmungen müssten nun bei allen künftigen Messungen immer auf Treu und Glauben angenommen werden, wenn das Solenoid niemals wieder von der Walze abgewickelt und von neuem aufgewickelt werden könnte, was so viel heisst, als dass keine künftige Widerstandsmessung des Normalleiters ganz vollständig und unabhängig von der ersten Messung würde ausgeführt werden können.

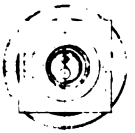
Um nun die völlige Unabhängigkeit künftiger Messungen von der ersten Messung, welche mit Aufwindung des Normal-

leiters auf beide Walzen verbunden war, zu ermöglichen, was wünschenswerth erschien, auch wenn noch so wenig Grund vorlag, an der Richtigkeit jener beiden bei Aufwindung des Normalleiters auf die beiden Walzen gewonnenen Bestimmungen zu zweifeln, mussten Einrichtungen getroffen werden, den Normalleiter von den beiden Walzen nach Belieben auch wieder abwickeln und von neuem aufwickeln zu können. Auch hiezu sind von den Hrrn. Repsold die S. 462 beschriebenen, Taf. I, Figur 1 u. 2 dargestellten Einrichtungen getroffen worden, deren Anwendung zur Abwickelung wie zur Aufwickelung keiner weiteren Erläuterung bedarf.

Ausser dem hier beschriebenen Normalleiter und seinen beiden Theilen, nämlich dem Inductor und Multiplicator, nebst dem dazu gehörigen Magnetometer und mit Scalen versehenen Ablesungsfernröhren kommen endlich nun noch die zu absoluten Widerstandsbestimmungen nothwendigen Maasse und Messinstrumente im engeren Sinne in Betracht, welche der Natur des zu messenden Gegenstands nach, der bekanntlich mit einer Geschwindigkeit homogen ist, sich müssen auf blosse Zeit- und Längen-Messungsinstrumente zurückführen lassen.

Diese Beschränkung auf Zeit- und Längenmaass nicht blos beim Ausspruch des Resultates der Widerstandsmessung, sondern auch bei allen dazu führenden Messungsoperationen, zeichnet nun die erste von den vier von Kohlrausch angeführten, schon oben erwähnten Methoden absoluter Widerstandsmessung besonders aus, die aus diesem Grunde und wegen der darauf beruhenden grösseren Einfachheit und erreichbaren Genauigkeit den Vorzug vor den andern Methoden verdient und daher von uns zur Widerstandsmessung des Normalleiters gewählt worden ist.

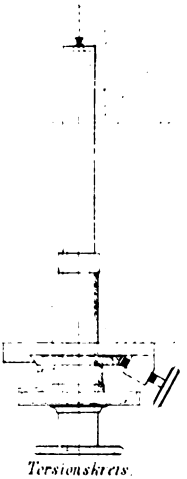
Was nun das Zeitmaass und die Zeitmesssungen betrifft, so braucht blos bemerkt zu werden, dass dafür bei allen hier zu beschreibenden Beobachtungen durch die Mitwirkung des Herrn Dr. Weinek, erstem Assistenten der neuen Sternwarte in Leipzig, in vollkommenster Weise gesorgt



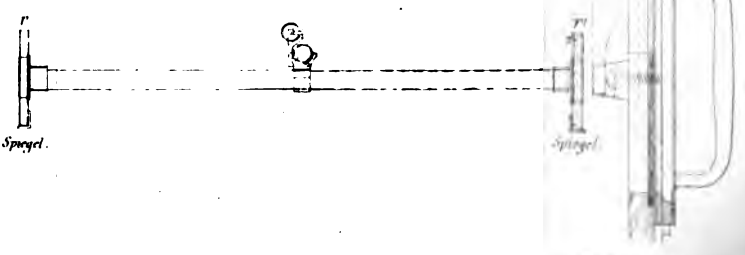
Projection des Torsionskreises.

Fig. 5

¼ nat. Grösse.

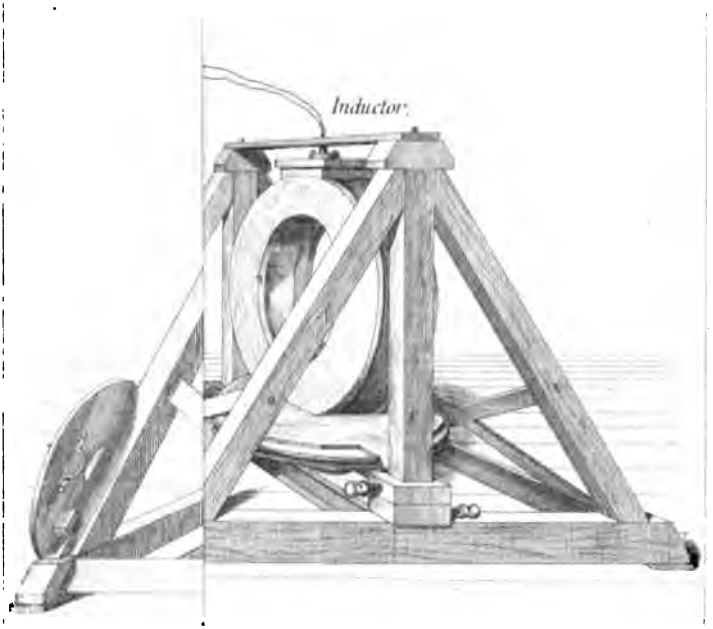


Torsionskreis.



Spiegel.

Spiegel.


Inductor

war, da ihm dazu alle Hülfsmittel dieses reich ausgestatteten Instituts zu Gebote standen. Alle Zeitbestimmungen bei unsern Messungen sind von Herrn Dr. Weinek mit einem vorzüglichen der Sternwarte gehörigen Chronometer gemacht worden, dessen Gang von ihm genau bestimmt und regulirt war.

Es ist durch diese von Seiten der neuen Sternwarte geleistete Mitwirkung die Ausführung aller bisherigen absoluten Widerstandsmessungen des auf der alten Sternwarte aufgestellten Normalleiters ausserordentlich erleichtert und befördert worden.

Anders verhält es sich mit den Längenmessungen, für welche die feinsten und genauesten Instrumente, wie sie der definitiven Ausrüstung eines solchen Messungen gewidmeten Instituts entsprechen würden, zu beschaffen bisher noch nicht möglich gewesen ist. Für die ersten Probeversuche genügten aber auch schon die gebräuchlichsten theils vorhandenen, theils leicht zu beschaffenden Mittel, womit hier das Wesentlichste und Nothwendigste ebenso erreicht werden konnte, wie es früher auch bei den absoluten Messungen des Erdmagnetismus geschehen ist. Es kam hinzu, dass die ersten Versuche mit dem hergestellten Normalleiter nebst Magnetometer nicht so lange verzögert werden sollten, bis alle wünschenswerthen Einrichtungen für die Längenmessungen ganz vollendet wären; schon darum nicht, weil man die daran zu stellenden Forderungen erst aus den zu machenden Erfahrungen genau und vollständig kennen lernen wollte.

Es wurde demnach für genügend erachtet, allen zu den hier folgenden Widerstandsmessungen erforderlichen Längenbestimmungen zwei genau übereinstimmende, bei Triangulationen gebrauchte, der Leipziger Sternwarte gehörige, hölzerne Doppelmeter, welche mit einer sorgfältig ausgeführten Theilung in Millimeter versehen war, zu Grunde zu legen.

Ausserdem wurden von Mahagoniholz zwei Messstangen, jede von 4 Meter Länge, hergestellt, welche in einer 4 Meter langen hölzernen Rinne neben einander lagen, während ein gleicher dritter Stab als Decke darüber gelegt wurde. Die beiden ersten Stäbe liessen sich dann nach entgegengesetzten

Seiten aus der Rinne halb herausschieben, so dass sie in der Mitte der Rinne sich eben noch berührten, ihre Endflächen also 8 Meter von einander entfernt waren; der dritte Stab diente dazu, sie in einer geraden Linie in der Rinne zu erhalten. An den beiden 8 Meter von einander entfernten Enden beider Stäbe waren endlich zwei kleine in Millimeter getheilte Elfenbeinstäbchen eingelassen, die sich sehr leicht in der Richtung der Messstangen verschieben liessen und eine genau messbare Verlängerung des 8 Meter grossen Abstands bildeten.

Man sieht leicht ein, dass, wenn die 4 Meter lange Rinne mit diesen Maassstäben, nach Abhebung der beiden Deckel vom Multiplicator, so aufgestellt wurde, dass sie durch den Multiplicator hindurch mit den herausgeschobenen Elfenbeinschiebern bis nahe an die beiden parallelen Scalen der Ablesungsfernröhre reichte, eine wirkliche gleichzeitige Berührung beider Scalen mit den leicht beweglichen Elfenbeinschiebern sehr leicht herzustellen war, wodurch der Abstand der Scalen mit einer für den vorliegenden Zweck vollkommen genügenden Genauigkeit gemessen wurde.

Die Messung des Abstandes der beiden zum Magnetometer gehörigen parallelen, durch eine Messingröhre fest verbundenen Planspiegel von einander war noch leichter auszuführen und bedarf keiner besonderen Erläuterung.

Die Zweckmässigkeit der Scheidung des Normalleiters in zwei gleiche Theile, nämlich in den Inductor und Multiplicator, leuchtet bei Ausführung der Widerstandsmessung besonders daraus ein, dass die Bestimmung des Widerstandes dadurch abhängig gemacht wird von 4 Elementen, von denen das erste p blos vom Inductor, das zweite q blos vom Multiplicator abhängt, die beide constant sind und unabhängig von einander aus den bei Construction des Inductors und Multiplicators auszuführenden Messungen bestimmt werden, während das dritte und vierte Element, nämlich die Schwingungsdauer T der Magnetometernadel und die durch einen Inductionsstoss der Magnetometernadel vom Inductor ertheilte Drehungsgeschwindigkeit C, wegen ihrer Abhängigkeit vom Magnetismus der Nadel und der Erde,

sowie von der Temperatur des Normalleiters variable Grössen sind, welche bei jeder Widerstandsmessung besonders und ganz von neuem bestimmt werden müssen. — Der Widerstand w des Normalleiters wird hieraus gefunden:

$$w = \pi^2 \cdot \frac{p\,q}{C\,T^2}.$$

Es leuchtet hieraus die Wichtigkeit der Messungen ein, durch welche die beiden constanten Elemente p und q bestimmt werden, die schon bei Construction des Inductors und Multiplicators ausgeführt werden müssen und in keiner Weise durch spätere Beobachtungen oder Messungen ersetzt werden können.

$^1/_2\ p$ bezeichnet die Inductorfläche, worunter zu verstehen ist die Summe der Projectionsflächen aller Umwindungen des Inductors auf eine gegen die Inductoraxe normale Ebene.

Wir lassen sogleich hier alle Messungen folgen, welche bei Aufwickelung des Inductors auf der alten Sternwarte zu Leipzig am 14. Mai 1877 zu genauester Bestimmung des constanten Elementes p gemacht worden sind, mit Zugrundelegung der beiden schon erwähnten, der Leipziger Sternwarte gehörigen Doppelmeter.

Es wurde nämlich erstens der Umfang der Walze, ehe der Draht aufgewunden wurde, mit Hülfe von 6 Papierstreifen bestimmt, welche in gleichen Entfernungen von einander straff um die Walze gelegt wurden, so dass Anfang und Ende jedes Streifens sich deckten. Durch einen Anfang und Ende an dieser Stelle zugleich durchbohrenden Nadelstich wurde Anfangspunkt und Endpunkt der Umwindung zugleich bezeichnet. Jeder von diesen Streifen wurde später auf einer ebenen Tafel glatt ausgebreitet und die beiden Doppelmeter darauf gelegt, so dass sie mit ihrer bis zur Kante reichenden Millimetertheilung den Papierstreifen berührten. Der Abstand der beiden Nadelstiche konnte damit bis auf $^1/_{10}$ Millimeter genau bestimmt werden.

Es ergab sich der Umfang der Walze im Mittel aus den Angaben zweier Beobachter:

an der Stelle des 1. Streifens = 3018,55 Millimeter
„ „ „ „ 2. „ = 3018,55 „
„ „ „ „ 3. „ = 3018,50 „
„ „ „ „ 4. „ = 3018,45 „
„ „ „ „ 5. „ = 3018,70 „
„ „ „ „ 6. „ = 3018,50 „

Es ergab sich hieraus die Walze, so weit diese Prüfung reicht, als fast vollkommen cylindrisch und ihr Umfang und Halbmesser:

$$2\pi c = 3018{,}54$$
$$c = 480{,}414.$$

Zweitens wurden während der Aufwindung des Drahtes sowohl die Schichten gezählt, welche die Windungen über einander bildeten, als auch die in jeder Schicht neben einander befindlichen Umwindungen. Ausserdem wurde an der bei Aufwindung des Drahtes gedrehten Walze ein Zähler befestigt und dessen Stand, welcher zu Anfang 800 war, bei Beendigung jeder Schicht von Umwindungen abgelesen, wie folgende Tabelle angiebt:

Schicht.	Zahl ihrer Umwindungen.	Zählerstand.
0.	0	800
1.	66	866
2.	66	932
3.	66	998
4.	66	1064
5.	66	1130
6.	66	1196
7.	66	1262
8.	66	1328
9.	66	1394
10.	66	1460
11.	66	1526
12.	66	1592
Summa 12 Schichten	792 Umwindungen.	

Hierauf wurde drittens der Umfang der Walze mit dem aufgewundenen Drahte auf gleiche Weise gemessen, wie vorher ohne Draht, wieder nämlich mit Hülfe von 6 Papier-

streifen, woraus sich der Umfang der Walze mit Draht im Mittel aus Angaben zweier Beobachter ergab:

an der Stelle des 1. Streifens = 3263,75 Millimeter
„ „ „ „ 2. „ = 3263,85 „
„ „ „ „ 3. „ = 3264,10 „
„ „ „ „ 4. „ = 3263,75 „
„ „ „ „ 5. „ = 3263,80 „
„ „ „ „ 6. „ = 3263,95 „

Der Umfang der Walze mit Draht ergab sich hieraus im Mittel:

$$2\pi\ (1 + a)\ c = 3263{,}87$$
$$(1 + a)\ c = 519{,}461$$
$$a\,c = 39{,}047.$$

Endlich wurde viertens noch die Länge der Walze $= 2\,b\,c$, auf welcher 66 Drahtwindungen neben einander Platz fanden, gemessen und gefunden:

$$2\,b\,c = 254{,}20,$$

woraus für dicht neben einander liegende Umwindungen die Drahtdicke incl. Umspinnung sich ergeben würde:

$$\frac{254{,}20}{66} = 3{,}8515.$$

Dieselbe Drahtdicke incl. Umspinnung ergiebt sich aber aus der Dicke der 12 Schichten übereinander, welche = 39,047 gefunden worden ist,

$$= \frac{39{,}047}{12} = 3{,}254.$$

Der Grund dieser Differenz liegt hauptsächlich in der baumwollenen Umspinnung, welche zwischen neben einander liegenden Umwindungen weniger zusammengedrückt wird, als zwischen über einander liegenden.

Hiernach ergeben sich nun leicht die Halbmesser r der verschiedenen Schichten und die entsprechenden Flächen $\pi\,r\,r$, deren Summe mit 66 multiplicirt die Inductorfläche $^1/_2 p$ giebt, nämlich in Quadratmillimetern:

$$^1/_2 p = 6222 . 10^5.$$

Wir lassen ferner alle Messungen folgen, welche bei Aufwickelung des Multiplicators gemacht worden sind und zur Bestimmung des zweiten constanten Elementes q geführt haben.

Der Umfang der zum Multiplicator bestimmten Walze, ehe der Draht aufgewunden wurde, ergab sich auf gleiche Weise wie beim Inductor im Mittel aus Bestimmungen zweier Beobachter an zwei weit von einander entfernten Stellen der Walze:

an 1. Stelle = 3017,65 Millimeter
„ 2. „ = 3018,25 „

im Mittel also war dieser Umfang und der entsprechende Halbmesser:

$$2\pi c = 3017{,}95$$
$$c = 480{,}32.$$

Während der Aufwindung des Drahtes wurden die Schichten und Umwindungen gezählt, wie folgende Tafel zeigt:

Schicht.	Zahl ihrer Umwindungen.	Zählerstand.
0.	0	0
1.	66	66
2.	67	133
3.	67	200
4.	$66^3/_4$	266,75
5.	$65^1/_4$	332
6.	66	398
7.	66	464
8.	$65^1/_6$	529,17
9.	$65^5/_6$	595
10.	66	661
11.	65	726
12.	66	792

Summa 12 Schichten 792 Umwindungen.

Nach Aufwindung des Drahtes wurde der Umfang der Walze wieder gemessen und gefunden:

$$2\pi\ (1 + a)\ c = 3272{,}17$$
$$(1 + a)\ c = 520{,}797$$
$$ac = 40{,}477.^{1})$$

[1]) Der für den Multiplicator etwas grössere Werth von ac als für den Inductor hat seinen Grund in etwas geringerer Spannung des Multiplicatordrahtes bei Aufwindung desselben.

Endlich wurde auch noch die Länge der Multiplicatorwalze gemessen, nämlich:

$$2bc = 254{,}20.$$

Nach diesen Messungen kann nun auch das zweite constante Element q, dessen Kenntniss zur Bestimmung des Normalwiderstandes nöthig ist, gefunden werden.

q bezeichnet nämlich das von der Einheit des Stromes im Multiplicator auf die Einheit des Magnetismus in der Centralnadel ausgeübte Drehungsmoment, welches aus den bei der Construction des Multiplicators gemessenen Grössen a, b, c und aus der Zahl der Umwindungen n berechnet werden kann, wie in den Abhandlungen der K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. 10 (1862), „Zur Galvanometrie", S. 39 gezeigt worden ist. Es ist nämlich daselbst bewiesen worden, dass das mittlere auf den Nadelmagnetismus m ausgeübte Drehungsmoment einer Windung

$$= \frac{2\pi m}{ac} \log \frac{1 + a + \sqrt{[(1+a)^2 + b^2]}}{1 + \sqrt{(1 + b^2)}}.$$

ist, woraus das Drehungsmoment aller n Windungen, für die Einheit des Nadelmagnetismus, d. i. für $m = 1$, sich ergiebt, nämlich:

$$q = \frac{2\pi n}{ac} \log \frac{1 + a + \sqrt{[(1+a)^2 + b^2]}}{1 + \sqrt{(1 + b^2)}}$$

Hierin ist nun nach den oben angeführten Bestimmungen:

$$n = 792$$

$$c = 480{,}32$$

$$a = \frac{40{,}477}{480{,}32}$$

$$b = \frac{127{,}10}{480{,}32}$$

woraus q gefunden wird:

$$q = 9{,}64015.$$

Nach dieser Bestimmung der beiden Constanten p und q aus den bei Construction des Inductors und Multiplicators gemachten Beobachtungen und Messungen reduciren sich alle Widerstandsmessungen des Normalleiters im Wesentlichen erstens auf Beobachtungen der Schwingungsdauer T der im Multiplicator aufgehangenen Nadel, und zweitens

auf Beobachtungen der durch einen mit dem Inductor ausgeführten Inductionsstoss der im Multiplicator aufgehangenen Nadel ertheilten Geschwindigkeit C. Es kommen dazu drittens nur noch Hülfsbeobachtungen, die, weil die Nadel an einem elastischen Faden aufgehangen wird, zur Reduction der Schwingungsdauer auf verschwindende Elasticität dienen[1]).

Aus den beiden constanten Elementen p und q und den beiden variabelen Elementen T und C wird der absolute Widerstand des Normalleiters berechnet und gefunden:

$$w = \pi^2 \frac{pq}{CT^2}.$$

Zur Ausführung von Beobachtungen zur Bestimmung von T und C, welche bei jeder Messung des Normalleiterwiderstandes wiederholt werden müssen, wegen Veränderlichkeit des Erdmagnetismus und Nadelmagnetismus, von denen beide abhängig sind, findet man die nöthige Anweisung in der von Gauss gegebenen „Anleitung zur Bestimmung der Schwingungsdauer einer Magnetnadel“ in den Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1837, Seite 58—80, oder auch Gauss' Werke, Band V Seite 374—394, und in der Abhandlung über Widerstandsmessungen in den Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der K. Sächs. Ges. d. Wiss. Band I (1852) Seite 341—360, wo eine Uebersicht der Beobachtungsmethoden zu galvanischen Messungen mit Rücksicht auf Dämpfung, insbesondere der Multiplica-

---

[1]) Eine andere Art von Hülfsbeobachtungen könnte noch für die Geschwindigkeit C nöthig erscheinen, wenn gegen die durch den Multiplicator vermittelte Wirkung des Inductionsstosses auf die Nadel die unmittelbare vom Inductor selbst ausgeübte Wirkung nicht verschwände. Unter den Verhältnissen der nachher anzuführenden Versuche betrug die unmittelbare Wirkung nur $^1/_{1680}$ der mittelbaren, und hätte durch eine mässige Vergrösserung des Abstandes des Inductors vom Multiplicator leicht noch sehr verkleinert werden können; abgesehen hievon würde es aber auch stets freistehen, ihren Einfluss ganz zu eliminiren, nämlich durch einen leicht zu bewerkstelligenden Wechsel der Verbindung der Drahtenden des Inductors mit denen des Multiplicators, wodurch eine verstärkende Wirkung in eine schwächende oder umgekehrt verwandelt wird.

tions- und Zurückwerfungsmethode, gegeben ist, wovon die erstere Methode besonders bei schwachen, die letztere bei starken Inductionsstössen in Anwendung kommt; für dazwischen liegende Fälle kann noch eine dritte Methode dienen, wo die Nadelschwingung durch die Inductionsstösse abwechselnd vergrössert und verkleinert wird.

Als erstes Beispiel einer solchen Bestimmung der Grössen T und C und einer dadurch gegebenen Bestimmung des Normalleiterwiderstandes sollen die ersten Probeversuche dienen, welche nach Aufwindung des Inductors und Multiplicators am 13. Juni 1878 gemacht worden sind.

Die Beobachtungen zur Bestimmung von T sollen kurz Schwingungsbeobachtungen, die zur Bestimmung von C Inductionsbeobachtungen genannt werden. Letztere Beobachtungen wurden nach der oben erwähnten dritten Methode ausgeführt; es wurde nämlich die vorhandene grössere Nadelschwingung durch den 1. Inductionstoss verkleinert, diese verkleinerte Schwingung wurde durch den 2. Inductionsstoss wieder vergrössert u. s. f.

Erste Widerstandsmessung des Normalleiters.

Uebersicht der Beobachtungen.

Leipzig, alte Sternwarte 1878. Juni 13.

200 Millimeter lange Nadel.

4025,77 Millimeter oder Scalentheile Abstand des östlichen Spiegels von der Scale;

3917,77 Millimeter oder Scalentheile Abstand des westlichen Spiegels von der Scale.

20°,8 cent. Temperatur des Inductors.

20°,9 cent. Temperatur des Multiplicators.

Schwingungsbeobachtungen

(bei offener Kette).

5^h	37^m	$38^s,75$	1131,8		
		55,70	435,0		
	38	12,60	1128,1		
		29,70	439,2		
		46,65	1125,9		
	39	3,70	441,1		
			1122,5		
6^h	24^m	$0^s,95$	944,8		
		18,15	620,0		
		34,90	943,9		
		52,10	622,0		
	25	9,00	942,6		
		26,15	623,2		
			940,9		

Inductionsbeobachtungen.

Inductionsstoss Nr.	Elongationsbeobachtungen an der östlichen	Elongationsbeobachtungen an der westlichen Scale	Inductionsstoss Nr.	Elongationsbeobachtungen an der östlichen	Elongationsbeobachtungen an der westlichen Scale
	675,0	645,6	20.	687,3	658,0
	941,2	919,2		928,9	906,3
1.			21.		
	849,3	824,6		857,9	833,1
2.			22.		
	601,8	570,1		593,1	561,2
	1014,0	994,0		1020,9	1001,0
3.			23.		
	769,0	741,9		764,6	737,2
4.			24.		
	680,0	650,4		685,9	656,4
	934,8	912,1		930,9	908,4
5.			25.		
	851,9	828,0		856,8	832,1
6.			26.		
	596,3	563,7		595,9	564,0
	1018,0	998,2		1020,1	1000,3
7.			27.		
	759,8	732,6		763,4	736,2
8.			28.		
	687,5	658,0		687,0	657,5
	930,0	907,5		929,0	906,8
9.			29.		
	855,7	831,0		858,9	834,1
10.			30.		
	594,3	562,4		592,0	560,0
	1022,0	1002,0		1022,5	1002,9
11.			31.		
	764,8	737,2		762,9	735,6
12.			32.		
	684,5	655,1		687,0	657,7
	931,3	908,9		928,5	906,0
13.			33.		
	856,1	831,7		859,1	834,7
14.			34.		
	593,0	560,8		593,1	561,1
	1022,0	1002,3		1022,2	1002,4
15.			35.		
	761,3	734,0		765,0	737,8
16.			36.		
	688,0	658,6		686,2	656,9
	927,1	904,3		931,1	908,8
17.			37.		
	857,4	833,0		856,0	851,3
18.			38.		
	592,3	560,7		594,9	562,9
	1021,1	1001,1		1020,0	1000,3
19.			39.		
	761,8	734,3		759,1	731,7

Inductions-stoss Nr.	Elongationsbeobachtungen an der östlichen	Elongationsbeobachtungen an der westlichen Scale	Inductions-stoss Nr.	Elongationsbeobachtungen an der östlichen	Elongationsbeobachtungen an der westlichen Scale
40.	690,8	661,4	60.	692,1	663,0
	925,8	903,0		924,1	901,6
41.	862,3	837,9	61.	863,1	838,7
42.	589,0	556,8	62.	588,1	556,3
	1025,9	1006,2		1026,7	1006,9
43.	762,2	734,8	63.	760,2	732,8
44.	688,5	659,2	64.	690,5	661,1
	928,0	905,3		925,8	903,0
45.	861,3	836,9	65.	861,7	837,0
46.	590,2	558,4	66.	589,8	557,9
	1024,3	1004,7		1027,2	1007,6
47.	759,7	732,1	67.	760,3	733,0
48.	691,1	661,8	68.	691,2	662,0
	924,8	902,1		925,9	903,1
49.	861,9	837,3	69.	862,5	838,0
50.	589,0	557,1	70.	589,0	557,2
	1028,5	1008,9		1027,0	1007,3
51.	757,0	729,3	71.	758,0	730,3
52.	693,2	664,0	72.	692,7	663,3
	923,0	900,2		923,8	900,9
53.	864,9	840,4	73.	864,8	840,1
54.	585,8	553,8	74.	586,6	554,5
	1028,5	1008,7		1028,5	1008,8
55.	755,3	727,9	75.	758,9	751,3
56.	695,2	666,2	76.	693,0	663,8
	921,8	898,8		924,6	901,8
57.	865,3	841,0	77.	863,0	838,6
58.	587,0	554,9	78.	588,8	556,9
	1027,9	1008,1		1027,9	1008,0
59.	759,5	731,9	79.	759,3	732,0

Inductionsstoss Nr.	Elongationsbeobachtungen an der östlichen	Elongationsbeobachtungen an der westlichen Scale	Inductionsstoss Nr.	Elongationsbeobachtungen an der östlichen	Elongationsbeobachtungen an der westlichen Scale
80.			85.		
	691,1	662,4		860,8	836,0
	923,9	961,2	86.		
81.				591,8	559,7
	862,4	838,0		1024,3	1004,6
82.			87.		
	589,7	557,8		760,2	733,0
	1025,8	1005,8	88.		
83.				690,2	660,9
	760,2	732,9		927,9	905,1
84.					
	691,1	661,7			
	925,9	903,2			

Diese ganze Reihe von Inductionsbeobachtungen, woraus für einen Inductionsstoss 88 Bestimmungen an jeder von den beiden Scalen gewonnen werden, ist von zwei Beobachtern und einem Gehülfen, welcher den Inductor drehte, in Zeit von 40 Minuten gemacht worden.

Obiger Uebersicht der Beobachtungen sind endlich noch folgende Hülfsbeobachtungen beizufügen:

1) Schwingungsbeobachtungen (bei geschlossener Kette) am 1. Juni 1878.

$11^h\ 44^m$	$12^s,70$	1048,4	$12^h\ 21^m$	$28^s,30$	813,0
	29,55	417,2		44,70	745,3
	46,70	1042,0	22	2,35	811,9
45	3,25	423,7		18,80	647,1
	20,65	1035,8		36,20	809,9
	37,10	429,5		52,70	648,1
		1030,0			810,0

2) Torsionsbeobachtungen am 9. Juni 1878.

Abstand des Spiegels von der Scale = 4025,77 Scalentheile.

Torsionskreis.	Nadelstand.
280°	786,60
370°	798,36
190°	772,10
280°	786,38

Beobachtungsresultate.

Erstens ergiebt sich aus den oben angeführten Schwingungsbeobachtungen (bei offener Kette) nach der Gauss'schen Anleitung die Schwingungsdauer T' für unendlich kleine Bögen, und das logarithmische Decrement λ' (für den Modulus $m = 0{,}43429$):

$$T' = 16'',9647$$
$$\lambda' = 0{,}002017.$$

Hiebei hing die Nadel an einem Faden, dessen Torsionskraft θ im Verhältniss zur magnetischen Directionskraft mT durch die unter (2) angeführten Hülfsbeobachtungen bestimmt wird, nämlich:

$$\frac{\theta}{mT} = \frac{1}{965},$$

woraus sich die Schwingungsdauer der Nadel ohne Fadenelasticität ergiebt:

$$T = 16'',9735.$$

Zweitens aus den angeführten Inductionsbeobachtungen ergiebt sich die gesuchte, der Nadel vom Inductor durch einen Inductionsstoss ertheilte, Geschwindigkeit C nicht unmittelbar, sondern es muss zur Bestimmung von C zunächst die Gleichgewichtslage der Nadel zur Zeit aller einzelnen Elongationen gefunden werden.

Für die Zeit mitten zwischen zwei Elongationsbeobachtungen, zwischen denen kein Inductionsstoss stattgefunden hat, z. B. zwischen den Elongationen 601,8 und 1014,0 nach dem 2. Inductionsstosse, ergiebt sich diese Gleichgewichtslage (für Zeiten langsamer Declinationsänderungen, wie sie für solche Messungen stets zu wählen sind) sehr leicht. Sie würde durch den Mittelwerth 807,9 bestimmt sein, wenn keine Abnahme der Schwingungsbögen stattfände; bei der aus den Hülfsbeobachtungen (für die Schwingungsdauer bei geschlossener Kette) sich ergebenden Abnahme im Verhältniss von nahe 101:100 muss dieser Mittelwerth um $^1/_{400}$ der Differenz beider Beobachtungen $1014,^0 - 601,8$ der letztern genähert werden. Der Ruhestand für diese Zeit ist also $807{,}9 - \frac{1014{,}0 - 601{,}8}{400} = 808{,}93$.

Ist nun die Gleichgewichtslage für alle diese Zeiten vor dem 1., ferner zwischen dem 2. und 3., 4. und 5. etc. Inductionsstoss bestimmt, so leuchtet ein, dass bei langsamen Declinationsänderungen, wie sie bei diesen Messungen stets vorausgesetzt werden dürfen, auch für alle andern Beobachtungszeiten die Gleichgewichtslagen der Nadel mit grosser Sicherheit interpolirt werden können, wie folgende Tafel für den Zeitraum der ersten 8 Inductionsstösse zeigt.

Inductionsstoss Nr.	An der östlichen Scale			An der westlichen Scale		
	Beobachtung	Ruhelage	Elongation	Beobachtung	Ruhelage	Elongation
	675,0	808,8	— 133,8	645,6	783,1	— 137,5
	941,2	808,8	+ 132,4	919,2	783,1	+ 136,1
1.						
	849,3	808,8	+ 40,5	824,6	783,1	+ 41,5
2.						
	601,8	808,9	— 207,1	570,1	783,1	— 213,0
	1014,0	808,9	+ 205,1	994,0	783,1	+ 210,9
3.						
	769,0	808,5	— 39,5	741,9	782,5	— 40,6
4.						
	680,0	808,0	— 128,0	650,4	781,9	— 131,5
	934,8	808,0	+ 126,8	912,1	781,9	+ 130,2
5.						
	851,9	807,9	+ 44,0	828,0	781,9	+ 46,1
6.						
	595,5	807,8	— 212,3	563,7	782,0	— 218,3
	1018,0	807,8	+ 210,2	998,2	782,0	+ 216,2
7.						
	759,8	808,6	— 48,8	732,6	782,7	— 50,1
8.						
	687,5	809,4	— 121,9	658,0	783,4	— 125,4
	930,0	809,4	+ 120,6	907,5	783,4	+ 124,1

Aus der Elongation der Nadel vor jedem Inductionsstosse lässt sich nun aber die nächstfolgende Elongation berechnen, welche ohne Inductionsstoss stattgefunden haben würde; sie würde nämlich, wenn keine Abnahme der Schwingungsbögen stattfände, der vor dem Inductionsstosse entgegengesetzt gleich sein; mit Rücksicht auf die wirklich vorhandene Abnahme ergiebt sich dieselbe durch Multiplication der vorhergehenden Elongation mit $-\frac{100}{101}$.

Die Differenz der wirklichen Elongation, welche aus der Beobachtung nach dem Inductionsstosse sich ergeben hat, von jener berechneten ist die Wirkung des Inductionsstosses, nämlich die Elongationsweite der durch einen Inductionsstoss in Schwingung gesetzten ruhenden Nadel, welche mit α bezeichnet werden soll.

Für diese Wirkung erhält man hienach aus den oben angeführten Beobachtungen Bestimmungen nach Scalentheilen, wie folgende Tafel zeigt, denen sowohl für die östliche als auch für die westliche Scale noch Columnen beigefügt sind, welche zu besserer Uebersicht die stets positiven Differenzen zweier auf einander folgenden Inductionsstösse, nämlich eines positiven und darauf folgenden negativen Stosses, geben.

Oestliche Scale.

Inductionsstoss Nr.	Wirkung desselben	Differenzen auf einander folgender Stösse
1.	+ 40,5 + 131,1 = + 171,6	338,6
2.	— 207,1 + 40,1 = — 167,0	
3.	— 39,5 + 203,0 = + 163,5	330,6
4.	— 128,0 — 39,1 = — 167,1	
5.	+ 44,0 + 125,5 = + 169,5	338,2
6.	— 212,3 + 43,6 = — 168,7	
7.	— 48,8 + 208,0 = + 159,2	329,4
8.	— 121,9 — 48,3 = — 170,2	
etc.		

Westliche Scale.

1.	+ 41,5 + 134,7 = + 176,2	348,1
2.	— 213,0 + 41,1 = — 171,9	
3.	— 40,6 + 208,9 = + 168,3	340,0
4.	— 131,5 — 40,2 = — 171,7	
5.	+ 46,1 + 128,9 = + 175,0	347,7
6.	— 218,3 + 45,6 = — 172,7	
7.	— 50,1 + 214,0 = + 163,9	338,9
8.	— 125,4 — 49,6 = — 175,0	
etc.		

Die Wirkung der ersten 8 Inductionsstösse ist hienach an der östlichen Scale = 1336,8, an der westlichen = 1374,7 Scalentheile; für 1 Inductionsstoss im Mittel an der östlichen 167,10,

an der westlichen 171,84. Folgende Tafel giebt die Wirkungen sämmtlicher 88 Inductionsstösse, wie sie sich aus den oben angeführten Inductionsbeobachtungen ergeben.

Inductionsstösse	Oestliche Scale		Westliche Scale	
	Wirkung	Mittlere Differenz zweier Stösse	Wirkung	Mittlere Differenz zweier Stösse
1— 8.	1336,8	334,20	1374,7	343,68
9—16.	1337,5	334,38	1375,6	343,90
17—24.	1333,5	333,38	1370,4	342,60
25—32.	1334,9	333,72	1371,6	342,90
33—40.	1329,1	332,28	1368,6	342,15
41—48.	1338,0	334,50	1376,1	344,02
49—56.	1335,6	333,90	1372,3	343,08
57—64.	1335,8	333,95	1372,9	343,22
65—72.	1336,5	334,12	1373,3	343,32
73—80.	1338,0	334,50	1374,8	343,70
81—88.	1331,9	332,98	1369,1	342,28
	14687,6		15099,4	

wonach die Wirkung eines Inductionsstosses im Mittel aus allen

an der östlichen Scale = 166,9045 Scalentheile,

an der westlichen Scale = 171,584 Scalentheile.

Nun ist aber nach der angegebenen Entfernung des Spiegels von der Scale der Bogenwerth eines Theiles

$$\text{der östlichen Scale} = \frac{1}{2.3917,17},$$

$$\text{der westlichen Scale} = \frac{1}{2.4025,77};$$

folglich beträgt die Wirkung eines Inductionsstosses, gemessen durch den Bogenwerth α der von ihm hervorgebrachten Ablenkung der ruhenden Magnetnadel, nach den Beobachtungen

$$\text{an der östlichen Scale } \alpha = \frac{166,9045}{2.3917,17} = 0,0213042$$

$$\text{an der westlichen Scale } \alpha = \frac{171,584}{2.4025,77} = 0,0213107,$$

im Mittel also $\alpha = 0,0213075$.

Aus dieser von einem Inductionsstosse hervorgebrachten Ablenkung der Nadel = α wird nun nach der von Gauss gegebenen Anleitung die von einem Inductionsstosse der Nadel ertheilte Drehungsgeschwindigkeit = C bestimmt. Es ist nämlich

$$C = \alpha \cdot \frac{\pi}{T'} \cdot e^{\frac{\lambda}{m\pi} \operatorname{arc\,tg} \frac{m\pi}{\lambda}}$$

wo λ das logarithmische Decrement für Abnahme der Schwingungsbögen bei geschlossener Kette, m den Modulus des Systems und T' die Schwingungsdauer der von magnetischer und elastischer Kraft $(MT + \Theta)$ getriebenen Nadel bezeichnet.

Aus den oben angeführten Hülfsbeobachtungen ergiebt sich das logarithmische Decrement, bei geschlossener Kette, für den Modulus $m = 0{,}43429$,

$$\lambda = 0{,}0043477.$$

Da nun ferner aus den Schwingungs- und Inductionsbeobachtungen

$$T' = 16'',9647$$

und $\alpha = 0{,}0213075$

gefunden worden ist, so ergiebt sich

$$C = 0{,}0039656.$$

Da nun ferner aus den angeführten Schwingungsbeobachtungen, mit Rücksicht auf die durch die Hülfsbeobachtungen bestimmte Torsion, die Schwingungsdauer ohne Torsion

$$T = 16'',9735$$

gefunden worden ist; da endlich aus der Construction des Inductors und Multiplicators die beiden Constanten p und b bekannt sind, nämlich

$$p = 2{,}622200000,$$
$$q = 9{,}64015;$$

so ergiebt sich der gesuchte Widerstand des Normalleiters bei einer Temperatur von 20°,85 cent. nach absolutem Maasse:

$$w = \pi^2 \frac{pq}{CT^2} = 10{,}36085 \cdot 10^{10}.$$

Zweite Widerstandsmessung des Normalleiters.

Uebersicht der Beobachtungen.

Leipzig, alte Sternwarte 1879. August 5.

200 Millimeter lange Nadel.

3149,1 Millimeter oder Scalentheile, Abstand des östlichen Spiegels von der Scale;

3781,5 Millimeter oder Scalentheile, Abstand des westlichen Spiegels von der Scale.

26°,7 cent. Temperatur des Inductors,
27°,2 cent. Temperatur des Multiplicators.

Schwingungsbeobachtungen
(bei offener Kette).

8h	29m	23s,70	1157,3	9h	1m	47s,90	967,2
		40,50	327,9		2	5,50	516,0
		57,70	1151,8			22,00	965,8
	30	14,80	332,8			39,70	518,1
		31,65	1146,1			56,10	963,4
		48,95	337,8		3	13,75	519,6
			1140,7				961,8
11h	22m	47s,75	1096,8	11h	54m	3s,70	932,3
	23	4,90	357,8			21,65	512,2
		21,45	1093,9			37,90	930,4
		38,95	361,7			55,65	514,2
		55,85	1089,0		55	12,00	928,0
	24	13,00	365,0			29,90	516,4
			1085,8				926,0

26°,66 cent. Temperatur des Inductors,
26°,90 cent. Temperatur des Multiplicators.

Inductionsbeobachtungen nach der Zurückwerfungsmethode.

26°,50 cent. Temperatur des Inductors,
26°,74 cent. Temperatur des Multiplicators.

Oestliche Scale						Westliche Scale					
Inductionsstoss Nr.	Elongation I	Elongation II	Inductionsstoss Nr.	Elongation III	Elongation IV	Inductionsstoss Nr.	Elongation I	Elongation II	Inductionsstoss Nr.	Elongation III	Elongation IV
1.	707,3	838,8	2.	839,1	702,9	1.	661,0	813,0	2.	820,0	656,0
3.	704,6	836,0	4.	835,4	706,2	3.	658,0	816,0	4.	815,5	660,0
5.	704,6	836,0	6.	835,9	706,0	5.	658,0	816,1	6.	816,0	659,0
7.	704,1	836,3	8.	835,7	706,3	7.	657,3	816,8	8.	815,9	660,1
9.	703,3	836,9	10.	835,2	706,7	9.	656,5	817,0	10.	815,3	660,3
11.	702,0	838,7	12.	832,9	708,9	11.	655,8	819,5	12.	812,3	663,1
13.	701,3	838,9	14.	833,0	708,8	13.	654,0	819,7	14.	812,6	663,0
15.	701,3	838,9	16.	832,9	708,8	15.	654,0	819,6	16.	812,1	666,0
17.	700,7	839,4	18.	832,2	709,2	17.	653,1	820,2	18.	811,8	663,6
19.	701,1	839,0	20.	832,3	709,0	19.	653,9	819,9	20.	811,9	663,3
21.	701,0	838,8	22.	832,7	708,4	21.	653,9	819,7	22	812,1	662,7
23.	701,1	838,4	24.	832,8	708,3	23.	653,9	819,1	24	812,3	662,3
25.	701,6	838,0	26.	833,3	707,8	25.	654,1	818,8	26.	813,0	661,8
27.	701,8	837,7	28.	833,0	707,8	27.	654,8	818,1	28.	812,5	661,9
29.	701,2	838,0	30.	8332,	708,1	29.	654,0	818,7	30.	811,8	662,0

Oestliche Scale					Westliche Scale				
Inductionsstoss Nr.	Elongation I	Elongation II	Inductionsstoss Nr.	Elongation III	Elongation IV	Inductionsstoss Nr.	Elongation I	Elongation II	Inductionsstoss Nr.	Elongation III	Elongation IV
31.	700,3	838,1	32.	831,6	708,3	31.	653,0	818,9	32.	810,9	662,3
33.	699,1	838,9	34.	830,6	708,8	33.	651,5	819,0	34.	809,8	663,0
35.	699,0	838,7	36.	830,1	708,7	35.	651,3	819,6	36.	809,2	663,0
37.	698,9	838,5	38.	830,8	708,0	37.	651,1	819,1	38.	809,9	662,0
39.	698,0	839,1	40.	829,7	708,6	39.	650,2	819,9	40.	808,8	662,8
41.	698,1	838,5	42.	829,5	708,2	41.	650,1	819,1	42.	808,2	662,2
43.	698,1	838,2	44.	829,7	707,8	43.	650,2	818,9	44.	808,8	661,9
45.	698,6	838,7	46.	829,5	707,6	45.	650,8	818,1	46.	808,5	661,5
47.	697,3	838,2	48.	829,1	708,0	47.	649,5	819,0	48.	808,0	662,0
49.	696,7	838,2	50.	828,2	708,3	49.	648,3	818,9	50.	806,9	662,3
51.	696,2	838,8	52.	827,3	708,9	51.	648,0	819,5	52.	805,8	663,1
53.	695,1	840,0	54.	826,3	709,6	53.	646,7	821,0	54.	804,6	664,0
55.	694,3	840,0	56.	826,3	709,1	55.	645,9	821,0	56.	804,7	663,3
57.	694,9	839,5	58.	826,0	709,7	57.	646,2	820,3	58.	804,0	664,1
59.	695,0	839,1	60.	826,6	709,1	59.	646,3	819,9	60.	804,8	663,3
61.	694,6	839,9	62.	828,2	707,9	61.	645,9	820,9	62.	806,9	662,0
63.	696,9	837,8	64.	828,9	707,6	63.	648,8	818,2	64.	807,8	661,7
65.	696,4	838,2	66.	828,3	707,3	65.	648,0	818,9	66.	807,0	661,2
67.	696,9	837,4	68.	828,0	707,8	67.	648,8	818,0	68.	806,5	661,8
69.	695,9	838,8	70.	827,6	709,0	69.	647,7	819,5	70.	806,0	663,2
71.	695,7	839,3	72.	826,8	709,2	71.	647,2	820,1	72.	805,0	663,8
73.	694,6	839,6	74.	826,1	709,2	73.	646,0	820,5	74.	804,2	663,5
75.	694,3	839,7	76.	826,4	709,1	75.	645,8	820,7	76.	804,6	663,2
77.	694,7	839,3	78.	826,0	709,6	77.	646,0	820,2	78.	804,0	664,0
79.	694,1	840,7	80.	824,7	710,8	79.	645,1	821,9	80.	802,7	665,3
81.	694,0	840,8	82.	825,4	710,7	81.	645,0	821,9	82.	803,4	665,0
83.	693,8	841,1	84.	825,7	710,8	83.	644,9	822,2	84.	803,8	665,3
85.	694,1	841,2	86.	825,7	710,7	85.	645,5	822,2	86.	803,9	665,2
87.	694,9	840,7	88.	825,7	710,3	87.	645,9	821,7	88.	803,8	664,9
89.	693,0	841,2	90.	824,6	711,0	89.	644,0	822,5	90.	802,4	665,6

Hülfsbeobachtungen.

1) Schwingungsbeobachtungen bei geschlossener Kette am 4. August 1879.

28°,1 cent. Temperatur des Inductors,
27°,44 cent. Temperatur des Multiplicators.

6h 23m	34s,50	1207,0	6h 57m	6s,10	838,0
	51,80	262,3		24,85	632,9
24	8,65	1188,2		40,15	636,9
	26,10	273,8		59,00	632,1
	42,65	1177,7	58	14,30	835,7
25	0,15	283,7		33,10	636,6
		1167,9			831,1

2) Torsionsbeobachtungen am 4. August 1879.

3149,1 Abstand des östlichen Spiegels von der Scale,
3781,5 Abstand des westlichen Spiegels von der Scale,
26°,0 cent. Temperatur des Inductors.

Torsionskreis	Westliche Scale Ruhelage
161°,8	742,28
161°,7 + 2π	806,13
161°,8 — 2π	673,41
161°,9 + 2π	800,75
161°,8 — 2π	662,31
161°,9 + 2π	799,80
161°,7 — 2π	669,96
161°,8 — 4π	622,37
161°,8 + 4π	871,34
161°,8	722,28

Beobachtungsresultate.

Erstens ergiebt sich aus den oben angeführten Schwingungsbeobachtungen bei offener Kette

$$T' = 17'',05635$$
$$\lambda' = 0{,}0022642.$$

Hiebei hing die Nadel an einem Faden, dessen Torsionskraft θ im Verhältniss zur magnetischen Directionskraft MT durch die unter (2) angeführten Hülfsbeobachtungen bestimmt wird, nämlich

$$\frac{\theta}{TM} = 0{,}0013285,$$

woraus sich die Schwingungsdauer der Nadel ohne Fadentorsion ergiebt:

$$T = 17'',07905.$$

Zweitens, über die oben angeführten Inductionsbeobachtungen ist zunächst zu bemerken, dass sie ganz nach der Methode der Zurückwerfung ausgeführt worden sind, wodurch sie sich von den früheren, am 13. Juni 1878 ausgeführten, Beobachtungen unterscheiden, wo zur Vergrösserung der Nadelschwingungen die Zurückwerfungsmethode mit der Multiplicationsmethode verbunden worden war. Die Vergleichung dieser beiden Methoden war jedenfalls nicht ohne Interesse.

Aus obiger, von zwei Beobachtern und einem Gehülfen in 50 Minuten nach der Zurückwerfungsmethode ausgeführten Beobachtungsreihe, welche für die Wirkung eines Inductionsstosses 90 an der östlichen und ebensoviel an der westlichen Scale gemachte Bestimmungen enthält, ergiebt sich nun nach bekannten Vorschriften aus der Differenz der Beobachtungen der I. und III. Columne ein grösserer Schwingungsbogen A, nämlich an der östlichen Scale $= \frac{131,689}{6298,2} = 0,0209093$, an der westlichen Scale $= \frac{158,310}{7563} = 0,0209324$, im Mittel

$$A = 0,0209208;$$

aus der Differenz der Beobachtungen der II. und IV. Columne ergiebt sich ein kleinerer Schwingungsbogen B, an der östlichen Scale $= \frac{130,202}{6298,2} = 0,020673$, an der westlichen Scale $= \frac{156,649}{7563} = 0,0207125$, im Mittel

$$B = 0,0206928.$$

A zu B steht im Verhältniss zweier auf einander folgenden Schwingungsbögen, wodurch das logarithmische Decrement (für den Modulus $m = 0,43429$) bestimmt ist, nämlich

$$\lambda = \log \frac{A}{B} = 0,0043489.$$

Es ist hiebei zu beachten, dass die Methode der Zurückwerfung zur Bestimmung des logarithmischen Decrements nur bei schneller Abnahme der Schwingungsbögen geeignet ist, und dass in vorliegendem Falle, wo diese Abnahme nur etwa ein Procent beträgt, keine genaue Bestimmung erwartet werden kann. Zu genauerer Bestimmung sind daher schon unter

den Hülfsbeobachtungen Schwingungsbeobachtungen bei geschlossener Kette angeführt worden, aus denen der Werth dieses Decrements genauer erhalten wird, nämlich

$$\lambda = 0{,}005537.$$

Anders verhält es sich aber mit Bestimmung der der Nadel durch einen Inductionsstoss ertheilten Geschwindigkeit, wozu solche nach der Zurückwerfungsmethode ausgeführte Beobachtungen, auch bei schwacher Dämpfung, sehr wohl geeignet sind.

Diese mit C bezeichnete Geschwindigkeit ist:

$$C = \frac{\sqrt{\left(\pi^2 + \frac{\lambda'^2}{m^2}\right)}}{T'} \cdot \frac{A^2 + B^2}{2\sqrt{AB}} \cdot \left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{1}{\pi} \operatorname{arc\,tg} \frac{\lambda}{m\pi}}$$

und setzt man darin die gefundenen Werthe

$$\begin{aligned} T' &= 17{,}05635 \\ \lambda' &= 0{,}0022642 \\ \lambda &= 0{,}005537 \\ A &= 0{,}0209208 \\ B &= 0{,}0206928 \end{aligned}$$

so erhält man:

$$C = 0{,}0038326.$$

Nun war aber die Schwingungsdauer der Nadel ohne Torsion

$$T = 17{,}07905$$

aus den oben angeführten Schwingungsbeobachtungen bei offener Kette gefunden worden; folglich ergiebt sich hieraus und aus dem Werthe der beiden Constanten

$$\begin{aligned} p &= 2{,}622200000 \\ q &= 9{,}64015 \end{aligned}$$

der gesuchte Widerstand des Normalleiters bei einer Temperatur von 26°,62 cent., nach absolutem Maasse:

$$w = \pi^2 \frac{pq}{CT^2} = 10{,}5907 \cdot 10^{10}.$$

Da die Beobachtungen am 5. August 1879 nach der Zurückwerfungsmethode gemacht worden sind, so ist daraus der Widerstand w auch in der auf diese Methode begründeten besondern Weise berechnet worden, welche am schnell-

sten zum Ziele führte. Doch lassen sich dieselben Beobachtungen auch in der Weise wie die früheren vom 13. Juni 1878 berechnen, wodurch im Einzelnen mehr Einsicht und genauere Vergleichung aller Inductionsstösse unter einander gewonnen wird, wie folgende danach berechnete Tafel beweist.

Inductionsstoss Nr.	Oestliche Scale	Westliche Scale	Inductionsstoss Nr.	Oestliche Scale	Westliche Scale	Inductionsstoss Nr.	Oestliche Scale	Westliche Scale
			31.	130,16	156,95	61.	130,58	157,45
2.	130,54	157,07	32.	129,73	156,15	62.	131,95	158,76
3.	132,94	159,95	33.	130,72	157,16	63.	130,36	156,31
4.	129,97	155,74	34.	129,96	156,05	64.	130,28	156,61
5.	129,47	154,67	35.	129,92	156,69	65.	129,72	157,64
6.	129,84	156,56	36.	129,72	155,66	66.	130,58	157,10
7.	130,20	155,40	37.	129,68	156,24	67.	129,93	156,82
8.	129,99	156,65	38.	130,37	157,60	68.	129,54	155,81
9.	130,58	157,18	39.	131,11	157,97	69.	131,21	157,36
10.	130,24	156,73	40.	130,26	157,09	70.	129,92	156,12
11.	131,72	157,89	41.	129,92	156,64	71.	130,27	157,04
12.	129,53	155,87	42.	130,02	155,88	72.	129,77	155,87
13.	129,97	156,56	43.	130,05	156,89	73.	130,49	157,06
14.	130,09	156,57	44.	130,17	156,78	74.	130,10	156,41
15.	130,07	156,70	45.	129,66	156,22	75.	130,34	157,02
16.	130,03	154,76	46.	129,68	156,04	76.	130,51	156,94
17.	130,57	155,75	47.	130,56	157,39	77.	130,12	157,01
18.	129,99	156,55	48.	130,18	156,61	78.	129,68	155,91
19.	129,65	156,21	49.	130,46	157,44	79.	130,66	157,62
20.	129,77	156,20	50.	129,87	156,46	80.	129,42	155,87
21.	129,73	156,30	51.	130,42	157,21	81.	129,53	156,39
22.	130,21	156,51	52.	129,66	155,97	82.	129,90	156,43
23.	129,97	156,40	53.	130,83	157,18	83.	130,17	157,11
24.	130,07	156,52	54.	129,95	156,76	84.	130,27	156,66
25.	129,62	156,44	55.	130,39	157,05	85.	130,17	156,84
26.	130,13	156,88	56.	130,59	157,06	86.	130,22	156,48
27.	129,86	155,33	57.	130,09	156,95	87.	129,83	156,49
28.	129,74	155,89	58.	129,59	155,80	88.	130,01	156,13
29.	130,16	156,74	59.	129,39	155,96	89.	130,97	157,95
30.	129,68	156,18	60.	129,96	156,37	90.	130,06	156,42

Obige Tafel giebt für jeden Inductionsstoss die von ihm der Nadel (wenn sie sich in Ruhe befunden hätte) ertheilte Ablenkung in Scalentheilen, welche an der östlichen Scale mit 6298,2, an der westlichen mit 7563 dividirt den Ablenkungsbogen in Theilen des Halbmessers giebt. Der Mittelwerth aller dieser Bestimmungen ist:

für die östliche Scale = 0,02067
für die westliche Scale = 0,02071,

im Mittel aus beiden

$$\alpha = 0{,}02069,$$

und hieraus ergiebt sich, da $T = 17''05635$ und $\lambda = 0{,}005537$ ist,

$$C = \alpha \cdot \frac{\pi}{T'} \cdot e^{\frac{\lambda}{\pi\alpha} \operatorname{arc\,tg} \frac{\pi\alpha}{\lambda}} = 0{,}003835,$$

und ferner, da $T = 17'',07905$ und $\log pq = 10{,}07905$ ist,

$$w = \pi^2 \frac{pq}{C T^2} = 10{,}584 \,.\, 10^{10},$$

also ein von dem vorher gefundenen nicht merklich verschiedener Werth.

Der Mittelwerth von w aus obigen beiden Bestimmungen ist

$$w = 10{,}587 \,.\, 10^{10},$$

der hiernach bei einer Temperatur von 26°,62 cent. des Normalleiters als rein absoluter Widerstand zu betrachten ist, wenn bei so geringem Unterschiede von dem Vorzug, den die letztere Berechnung durch genauere Vergleichung aller einzelnen Inductionsstösse zu verdienen scheint, abgesehen wird.

Dritte Widerstandsmessung des Normalleiters.

Die beiden vorhergehenden Messungen als erste Proben beweisen, dass auf dem eingeschlagenen Wege mit den beschriebenen Instrumenten der beabsichtigte Zweck sich wohl erreichen lasse. Der Unterschied der beiden Messungsresultate ist sehr gering, es ist nämlich

nach der ersten Messung $w = 10{,}36085 \,.\, 10^{10}$
bei 20°,85 cent. Temperatur,
und nach der zweiten Messung $w = 10{,}58700 \,.\, 10^{10}$,
bei 26°,62 cent. Temperatur;

und dieser kleine Unterschied ist fast ganz auf Rechnung des Temperaturunterschieds von 5°,77 cent., welcher dabei stattgefunden hat, zu setzen.

Dieses günstige Resultat der ersten Messungen kann zum Beweise dienen, dass die angewandten Mittel, wenn sie auch noch der Vervollkommnung fähig sind, doch dem Zwecke im Wesentlichen schon jetzt genügen.

Was die Messungsoperationen im engeren Sinne betrifft, so sind dieselben durch die gewählte Messungsmethode auf blosse Zeit- und Längenmessung reducirt, wovon die ersteren, durch die schon erwähnte Mitwirkung seitens der Sternwarte, alle wünschenswerthe Sicherheit und Genauigkeit gewährten, was von den Längenmessungen nicht in gleichem Grade gilt. Indessen haben auch diese, wie die Uebereinstimmung der Resultate beweist, im Wesentlichen genügt, und nur zu grösserer Sicherheit und Erleichterung der auszuführenden Messungen wird noch möglichst Sorge zu tragen sein für festere Aufstellung der Instrumente, soweit es die Festigkeit des Gebäudes gestattet, und für möglichste Erleichterung der bei jeder Messung zu wiederholenden Prüfungen, insbesondere des Abstandes der beiden Scalen von einander und der richtigen Begrenzung der Inductionsstösse durch leicht stellbare und gut zu fixirende Hemmungen des drehbaren Inductors.

Ein Umstand jedoch bedarf bei diesen Messungen noch einer eingehenderen Erörterung, nämlich die Wahl des zur Nadel dienenden Magnets, welche bei der getroffenen Einrichtung im Grunde noch ganz frei gelassen ist, indem nur das Schiffchen, in welches der zur Nadel dienende Magnet eingelegt werden soll, gegeben ist.

Bei den ersten Probeversuchen war nun ein 200 Millimeter langer Magnet als Nadel eingelegt worden, dessen Schwingungsdauer 17 Secunden betrug, die bei einiger Uebung sich hinreichend gross zur Ausführung der Inductionsstösse und Beobachtungen ergab. Diese Nadellänge war etwa der fünfte Theil vom Durchmesser des Multiplicators, woraus sich ergab, dass die Vertheilungsweise des Magnetismus in der Nadel nur von sehr geringem Einfluss sein konnte; doch schien es wünschenswerth, für diesen Einfluss, so klein er sein mochte, eine nähere Kenntniss aus Beobachtungen zu gewinnen, was durch eine blosse Vertauschung der Nadel bei den Messungen, z. B. der 200 Millimeter langen Nadeln mit einer 100 Millimeter langen, leicht erreicht werden konnte.

Es soll daher den beiden vorhergehenden Widerstandsmessungen noch eine dritte, mit 100 Millimeter langer Nadel ausgeführte, Messung beigefügt werden. Die Beobachtungen

sind wieder, wie bei der zweiten Messung, nach der Zurückwerfungsmethode gemacht worden, am 7. August 1879.

Für den vorliegenden Zweck bedarf es nach den vorausgeschickten Proben keiner ausführlichen Beschreibung aller Beobachtungen, sondern es genügt eine kurze Anführung der aus den Beobachtungen gewonnenen Resultate.

Beobachtungsresultate.

Erstens aus den Schwingungsbeobachtungen bei offener Kette hat sich ergeben:

$$T' = 30'',6139$$
$$\lambda' = 0{,}003791.$$

Die Torsionskraft des Fadens, an welchem die Nadel hing, im Verhältniss zur magnetischen Directionskraft war:

$$\frac{\theta}{MT} = 0{,}005035,$$

woraus sich die Schwingungsdauer ohne Fadentorsion ergiebt:

$$T = 30'',6908.$$

Temperatur des Inductors 24°,53 cent., des Multiplicators 24°,64 cent.

Zweitens aus den Inductionsbeobachtungen, nach der Methode der Zurückwerfung, ergeben sich der grössere und kleinere Schwingungsbogen im Mittel aus den Beobachtungen an der östlichen und westlichen Scale

$$A = 0{,}011468, \qquad B = 0{,}0114055.$$

Hieraus würde sich das logarithmische Decrement für die Abnahme der Schwingungsbögen (für den Modulus $m = 0{,}43429$) ergeben $= \log \frac{A}{B} = 0{,}002373$, was aber bei seiner Kleinheit viel genauer aus Schwingungsbeobachtungen bei geschlossener Kette bestimmt werden kann und gefunden worden ist:

$$\lambda = 0{,}003967.$$

Die der Nadel durch einen Inductionsstoss ertheilte Geschwindigkeit C wird nun aus den gefundenen Grössen:

$$T' = 30'',6139$$
$$\lambda' = 0{,}003791$$
$$\lambda = 0{,}003967$$
$$A = 0{,}011468$$
$$B = 0{,}011405$$

berechnet, nämlich

$$C = \frac{\sqrt{\left[\pi^2 + \left(\frac{\lambda'}{m}\right)^2\right]}}{T'} \cdot \frac{A^2 + B^2}{2\sqrt{AB}} \cdot \left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{1}{\pi} \operatorname{arc\,tg} \frac{\lambda}{m\pi}}$$

Man findet hieraus

$$C = 0{,}0011737,$$

und, da $\log \pi^2 pq = 11{,}073346$ gegeben und die Schwingungsdauer T (ohne Torsion)

$$T = 30'',6908$$

aus Beobachtungen bestimmt worden ist, ergiebt sich der Normalleiterwiderstand bei 24°,58 cent. Temperatur

$$w = \pi^2 \frac{pq}{CT^2} = 10{,}7098 \,.\, 10^{10}.$$

Mit derselben 100 Millimeter langen Nadel, mit welcher die zuletzt beschriebene Messung ausgeführt worden ist, sind am nämlichen und den folgenden Tagen noch mehrere Messungen von verschiedenen Beobachtern gemacht und es ist daraus gefunden worden:

am 7. Aug. $w = 10{,}755 \,.\, 10^{10}$ bei 24°,45 cent. des Inductors
24°,56 cent. des Multiplicators
am 13. Aug. $w = 10{,}148 \,.\, 10^{10}$ bei 18°,00 cent. des Inductors
17°,44 cent. des Multiplicators
am 15. Aug. $w = 10{,}622 \,.\, 10^{10}$ bei 20°,86 cent. des Inductors
20°,86 cent. des Multiplicators
am 16. Aug. $w = 10{,}613 \,.\, 10^{10}$ bei 20°,94 cent. des Inductors
20°,21 cent. des Multiplicators
am 17. Aug. $w = 10{,}655 \,.\, 10^{10}$ bei 21°,53 cent. des Inductors
21°,96 cent. des Multiplicators.

Jede von diesen Messungen war ungefähr in der Zeit von zwei Stunden ausgeführt worden, wobei hier immer zwei Beobachter und ein Gehülfe für die Inductordrehung zusammen gewirkt hatten. Es waren hierbei alle Inductionsbeobachtungen an beiden Scalen gleichzeitig gemacht worden, was etwas grössere Sicherheit gewährt, aber nicht unbedingt nothwendig ist; würden diese Beobachtungen nur an einer Scale gemacht, so könnte die ganze Messung in der gegebenen Zeit von einem Beobachter mit einem Gehülfen ausgeführt werden.

Die angeführten Resultate von 8 Widerstandsmessungen, von denen die 3 ersten genauer beschrieben worden sind, gelten nun zwar alle für denselben Normalleiter, aber nicht für dieselbe Temperatur, sondern es war die Temperatur des Normalleiters nach obigen Angaben im Mittel: bei der

ersten	Messung, wo	$w = 10{,}36085 \cdot 10^{10}$,	$t = 20^0{,}85$	cent.
zweiten	„ „	$w = 10{,}5907 \cdot 10^{10}$,	$t = 26^0{,}62$	„
dritten	„ „	$w = 10{,}7098 \cdot 10^{10}$,	$t = 24^0{,}58$	„
vierten	„ „	$w = 10{,}755 \cdot 10^{10}$,	$t = 24^0{,}50$	„
fünften	„ „	$w = 10{,}148 \cdot 10^{10}$,	$t = 17^0{,}72$	„
sechsten	„ „	$w = 10{,}622 \cdot 10^{10}$,	$t = 20^0{,}86$	„
siebenten	„ „	$w = 10{,}613 \cdot 10^{10}$,	$t = 20^0{,}57$	„
achten	„ „	$w = 10{,}655 \cdot 10^{10}$,	$t = 20^0{,}74$	„

Abgesehen von der Temperatur findet noch der Unterschied statt, dass die beiden ersten Messungen mit einer 200 Millimeter langen Galvanometernadel, alle anderen mit einer 100 Millimeter langen Nadel gemacht worden waren.

Nach bekannten Beobachtungen können diese bei verschiedenen Temperaturen des Normalleiters gemachten Widerstandsmessungen leicht auf eine mittlere Temperatur, z. B. von 24° cent., reducirt werden, nämlich durch Multiplication des gefundenen Werthes von w mit dem Factor $(1 + 0{,}00371 \cdot \theta)$, wo θ die Differenz bezeichnet, um welche die Temperatur des Normalleiters unter 24° cent. war. Es ergiebt sich hiernach der Widerstand des Normalleiters bei 24° cent.

aus der	ersten	Messung	$w = 10{,}48166 \cdot 10^{10}$
„ „	zweiten	„	$w = 10{,}48776 \cdot 10^{10}$
„ „	dritten	„	$w = 10{,}68656 \cdot 10^{10}$
„ „	vierten	„	$w = 10{,}735 \cdot 10^{10}$
„ „	fünften	„	$w = 10{,}382 \cdot 10^{10}$
„ „	sechsten	„	$w = 10{,}7458 \cdot 10^{10}$
„ „	siebenten	„	$w = 10{,}7478 \cdot 10^{10}$
„ „	achten	„	$w = 10{,}7441 \cdot 10^{10}$

Beachtet man endlich noch, dass die ersten beiden Messungen mit einer 200 mm, die 6 letzten Messungen mit einer 100 mm langen Nadel gemacht worden waren, so leuchtet ein, dass

eine genaue Vergleichung dieser Messungen noch eine andere Reduction derselben, nämlich auf unendlich kleine Nadellänge, fordert.

Die Nadellänge von 200 mm war nahezu nur $^1/_5$ des Multiplicatordurchmessers, die Nadellänge von 100 mm also nur $^1/_{10}$. Für so kleine Nadellängen ergiebt sich leicht, dass die Correction des Widerstands w wegen der Nadellänge dem Quadrate der Nadellänge sehr nahe proportional sein müsse, bei 200 mm langer Nadel also 4 Mal grösser als bei 100 mm langer Nadel, und dass folglich der Unterschied der mit beiden Nadeln ausgeführten Messungen 3 Mal grösser sein soll, als die ganze an den mit der kleineren Nadel ausgeführten Messungen anzubringende Correction.

Es ergiebt sich nun der mit der längeren Nadel gemessene Widerstand des Normalleiters bei 24° cent. Temperatur im Mittel aus den beiden ersten hier näher beschriebenen Messungen $= 10{,}4847 \cdot 10^{10}$; der mit der kürzeren Nadel gemessene Widerstand bei derselben Temperatur aus der dritten, ebenfalls hier näher beschriebenen Messung $= 10{,}68656 \cdot 10^{10}$; folglich der dritte Theil ihrer Differenz

$$= 0{,}06728 \cdot 10^{10}$$

als Correction für die mit 100 mm langer Nadel gemachten Messungen, und ferner die Correction für die mit 200 mm langer Nadel gemachten Messungen viermal grösser

$$= 0{,}26912 \cdot 10^{10}.$$

Nach diesen Correctionen erhält man endlich den Widerstand w des Normalleiters bei 24° cent. Temperatur

aus der ersten Messung $= 10{,}75079 \cdot 10^{10}$
„ „ zweiten „ $= 10{,}75689 \cdot 10^{10}$
„ „ dritten „ $= 10{,}75384 \cdot 10^{10}$,

im Mittel also aus diesen 3 Messungen

$$w = 10{,}75384 \cdot 10^{10}.$$

Nachdem auf die beschriebene Weise ein Normalleiter hergestellt worden ist, dessen Widerstand jederzeit nach absolutem Maasse genau bestimmt werden kann, so ist dadurch der Weg gebahnt zu stetem Gebrauche nicht blos des abso-

luten Widerstandsmaasses, sondern überhaupt zum Gebrauche lauter absoluter Maasse in der ganzen Elektrodynamik.

Die Elektrodynamik bietet drei Arten von Grössen für Messungen dar, nämlich elektromotorische Kräfte, Leitungswiderstände und Stromintensitäten, die nach den Ohm'schen Gesetzen in solcher Beziehung zu einander stehen, dass, wenn die Grössen zweier Arten gemessen werden können, die Grössen der dritten Art durch Rechnung daraus bestimmt werden können.

Nun können Stromintensitäten aus Fernwirkungen der Ströme auf Magnete oder andere Ströme nach absolutem Maasse bestimmt oder gemessen werden, nämlich mit Hülfe von Galvanometern und Dynamometern; kommen also zu diesen absoluten Strommessungen nun noch absolute Widerstandsmessungen hinzu, so ist dadurch der Weg auch für absolute Messungen elektromotorischer Kräfte gebahnt.

Es ist aber zu diesem Zwecke nothwendig, nicht blos einen Normalleiter zu haben, dessen Widerstand zu jeder Zeit nach absolutem Maasse bestimmt werden kann, sondern es wird ausserdem erfordert, jederzeit auf dem Wege der Beobachtung auch über Gleichheit oder Ungleichheit zweier Leiter entscheiden und dadurch zur Herstellung von Widerstandsscalen nach absolutem Maasse in Stand gesetzt zu werden. Die zur Ausführung solcher Beobachtungen zu treffenden Einrichtungen sollen zum Gegenstand genauerer Erörterung in einer künftigen Abhandlung gemacht werden.

Solche Einrichtungen vorausgesetzt, kann auch die Kenntniss elektromotorischer Kräfte nach absolutem Maasse aus gewonnener Kenntniss absoluter Widerstände und Stromintensitäten erlangt werden, wie aus folgendem Beispiele sich näher ergiebt, welches zeigt, wie absolute Maassbestimmungen elektromotorischer Kräfte einer Volta'schen Säule oder einer Inductionsmaschine und deren Aenderungen zugleich mit den Widerständen derselben und deren Aenderungen gewonnen werden können.

Setzt man voraus, was entweder wirklich stattfindet oder leicht herzustellen ist, dass die Widerstände des Inductors und

Multiplicators gleich seien, und bezeichnet mit e und x die elektromotorische Kraft und den Widerstand der Säule oder Inductionsmaschine zu Anfang, ferner mit $e + \varepsilon$ und $x + \xi$ dieselben zu irgend einer späteren Zeit, und bezeichnet endlich drei zu Anfang gemessene Stromintensitäten mit i^0, i' und i'', und dieselben zu jener spätern Zeit mit i_0, $i_,$ und $i_{,,}$, wo nämlich i^0 und i_0 die Stromintensitäten der Säule oder Inductionsmaschine sind, wenn dieselbe blos durch den den Multiplicator bildenden Theil des Normalleiters geschlossen wird, folglich der Widerstand der Kette $= x + {}^1/_2\, w$ ist; ferner i' und $i_,$ dieselbe Bedeutung für die durch den ganzen Normalleiter geschlossene Kette haben, der Widerstand der Kette folglich $= x + w$ ist; endlich i'' und $i_{,,}$ auch dieselbe Bedeutung haben, aber für die von beiden Theilen des Normalleiters, Multiplicator und Inductor neben einander, geschlossene Kette, deren Widerstand folglich $= x + {}^1/_4\, w$ ist.

Nach den Ohm'schen Gesetzen ergiebt sich hieraus für die Ströme zu Anfang:

$$i^0 = \frac{e}{x + \frac{1}{2}w}, \qquad i' = \frac{e}{x + w}, \qquad i'' = \frac{e}{x + \frac{1}{4}w};$$

für die Ströme zur andern Zeit:

$$i_0 = \frac{e + \varepsilon}{x + \xi + \frac{1}{2}w}, \qquad i_, = \frac{e + \varepsilon}{x + \xi + w}, \qquad i_{,,} = \frac{e + \varepsilon}{x + \xi + \frac{1}{4}w}.$$

Aus den drei ersten Gleichungen folgt:

$$2\,\frac{x}{w} = \frac{i'}{i^0 - i'} - 1 = \tfrac{1}{2}\,\frac{i''}{i'' - i^0} - 1;$$

aus den drei letzten Gleichungen folgt:

$$2\,\frac{x + \xi}{w} = \frac{i_,}{i_0 - i_,} - 1 = \tfrac{1}{2}\,\frac{i_{,,}}{i_{,,} - i_0} - 1;$$

und hieraus wird erhalten:

$$i'' = \frac{2\,i^0\,i'}{3\,i' - i^0} \quad \text{und} \quad i_{,,} = \frac{2\,i_0\,i_,}{3\,i_, - i_0}$$

Es brauchen daher nur die beiden Ströme i^0 und i' zu Anfang und die beiden Ströme i_0 und $i_,$ zur anderen Zeit gemessen zu werden, weil der dritte Strom i'' oder $i_{,,}$ aus ihnen berechnet werden kann. Die Messung der beiden Ströme i'' und $i_{,,}$ dient daher nur zur Vergleichung der be-

rechneten Werthe mit den gemessenen, und dadurch zur Prüfung der Genauigkeit der Messungen.

Aus der Differenz obiger Werthe von $\frac{x}{w}$ und $\frac{x+\xi}{w}$ ergiebt sich die Gleichung:

$$\frac{\xi}{w} = \tfrac{1}{4}\left(\frac{i_0}{i_0 - i_,} - \frac{i^0}{i^0 - i'}\right),$$

und aus obigen Gleichungen für i^0, i', i_0 und $i_,$

$$e = (x + \tfrac{1}{2}w)\, i^0 = (x + w)\, i'$$
$$e + \varepsilon = (x + \xi + \tfrac{1}{2}w)\, i_0 = (x + \xi + w)\, i_,$$

woraus erhalten wird

$$\frac{e}{w} = \tfrac{1}{2}\frac{i^0 i'}{i^0 - i'} \quad \text{und} \quad \frac{e+\varepsilon}{w} = \tfrac{1}{2}\frac{i_0 i_,}{i_0 - i_,}$$

folglich

$$\frac{\varepsilon}{w} = \tfrac{1}{2}\left(\frac{i_0 i_,}{i_0 - i_,} - \frac{i^0 i'}{i^0 - i'}\right).$$

Es bedarf also, ausser den zu Anfang zu machenden Messungen der Ströme i^0 und i', für jede andere Zeit nur noch der Messung der Ströme i_0 und $i_,$ um die Aenderung der elektromotorischen Kraft sowohl als auch des Widerstandes der Säule oder Inductionsmaschine in der Zwischenzeit zu erfahren, und diese beiden Messungen unterscheiden sich von einander blos dadurch, dass zwischen Säule (oder Inductionsmaschine) und Multiplicator der Inductor entweder ausgeschlossen bleibt oder eingeschaltet wird, was ohne Zeitverlust vermittelst eines Commutators leicht bewerkstelligt werden kann.

Werden die Ströme mit der Tangentenboussole gemessen, deren Multiplicator vom Normalleiter gebildet wird, so wird

$$i^0 = \frac{T}{q}\operatorname{tg} v^0, \quad i' = \frac{T}{q}\operatorname{tg} v', \quad i_0 = \frac{T}{q}\operatorname{tg} v_0, \quad i_, = \frac{T}{q}\operatorname{tg} v'$$

gefunden, wo T die horizontale Componente des Erdmagnetismus, und v^0, v^1, $v_,$ die beobachteten von den Strömen i^0, i', i_0, $i_,$ hervorgebrachten Nadelablenkungen bezeichnen, und q die aus der Construction des Multiplicators bekannte Constante. Substituirt man diese Werthe, so erhält man

$$\frac{\xi}{w} = \tfrac{1}{4}\left(\frac{\operatorname{tg} v_0}{\operatorname{tg} v_0 - \operatorname{tg} v_,} - \frac{\operatorname{tg} v^0}{\operatorname{tg} v^0 - \operatorname{tg} v'}\right)$$
$$\frac{\varepsilon}{w} = \frac{T}{2q}\left(\frac{\operatorname{tg} v_0 \operatorname{tg} v_,}{\operatorname{tg} v_0 - \operatorname{tg} v_,} - \frac{\operatorname{tg} v^0 \operatorname{tg} v'}{\operatorname{tg} v^0 - \operatorname{tg} v'}\right)$$

In allen Fällen, wo der absolute Werth der zu messenden elektromotorischen Kräfte besonders in Betracht kommt, dürfte es angemessen erscheinen, jeder solchen Beobachtungsreihe eine genaue Widerstandsmessung des Normalleiters vorausgehen und folgen zu lassen. Doch kann derselbe Zweck noch leichter und vollkommener dadurch erreicht werden, dass zwischen den angegebenen Strommessungen i^0, i' und i_0, i, eine Beobachtungsreihe zur Bestimmung der bei einer blos aus Inductor und Multiplicator gebildeten Kette durch einen Inductionsstoss hervorgebrachten Nadelelongation α eingeschaltet wird, welche in einer ebensolchen Reihe von Inductionsbeobachtungen besteht, wie bei jeder Widerstandsmesssung zur Bestimmung der Geschwindigkeit C gemacht wurde.

Sind ausserdem aus vorher oder nachher gemachten Schwingungs- und Torsions-Beobachtungen die Werthe T', T, λ', λ bekannt, so kann C und α bestimmt werden und es wird $w = \pi^2 \frac{pq}{CT^2}$ gefunden. Die Untersuchung der elektromotorischen Kraft und des Widerstandes einer Säule oder Inductionsmaschine und deren Variationen wird dadurch selbständig und unabhängig von allen willkürlichen Voraussetzungen gemacht.

Nachträgliche Bemerkung.

Bezüglich der im Durchschnitt zu erzielenden Genauigkeit unserer Messungen kann selbstverständlich ein endgültiges Urtheil über die vorstehend beschriebenen Instrumente erst dann gefällt werden, wenn eine grössere Anzahl von Messungen mit ausführlicher Angabe der Originalbeobachtungen vorliegt. Deshalb sind oben (S. 509) auch nur die drei ersten Messungen zur Ableitung eines vorläufigen Mittelwerthes für den absoluten Widerstand des Normalleiters benutzt worden. Von den fünf folgenden Messungen dagegen, welche ganz selbstständig und unabhängig von andern Beobachtern unter theilweise ungünstigen Umständen[1]) angestellt worden waren, sind nur die von den Beobachtern uns mitgetheilten Schlussresultate aufgeführt worden.

Leipzig, im Juni 1881.

F. Zöllner.

[1]) Bei Ausführung der 5. Messungsreihe (13. August 1879) waren z. B. die magnetischen Störungen so bedeutend, dass die Ruhelage der Nadel nicht mit der sonst erreichbaren Präcision bestimmt werden konnte.

Referate über astrophysikalische Abhandlungen aus dem Jahre 1869 von F. Zöllner.

(Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft. IV. Jahrgang. Heft III. Juli 1869. S. 165—179.)

P. Secchi, Résultats fournis par l'analyse spectrale de la lumière d'Uranus, de l'étoile R des Gémeaux, et des tâches solaires.

Comptes rendus T. LXVIII. p. 761ff. (29. März 1869.)

—— *Étude spectrale de diverses régions du Soleil, et rapprochements entre les spectres obtenus et ceux de certaines étoiles.*

Ibid. p. 959ff. (26. April 1869.)

—— *Étude spectrale des tâches solaires: document que peut fournir cette étude sur la constitution du Soleil.*

Ibid. p. 1082.

—— *Sur l'intervention probable des gaz composés dans les caractères spectroscopiques de la lumière de certaines étoiles ou des diverses régions du Soleil.*

Ibid. p. 1086ff. (10. Mai 1869.)

W. Huggins, Note on a Method of viewing the solar Prominences without an Eclipse.

—— *Note on the Heat of the Stars.*

Proceedings of the Royal Society Nr. 109. 1869.

Das Spectrum des Uranus, welches in der ersten der vorstehend verzeichneten Mittheilungen von P. Secchi beschrieben wird, weicht so bedeutend von dem Sonnenspectrum und den Spectren des Jupiter und Saturn ab, dass man zur Annahme ganz besonderer Umstände genöthigt wird, welche das Sonnenlicht an der Oberfläche des Uranus modificiren müssen. Es zeigen sich nämlich in dem erwähnten Spectrum zwei starke Absorptionsbänder, das stärkere ganz in der Nähe der Linie *E*, das weniger breite dicht bei *F*, von etwas grös-

serer Brechbarkeit als diese Linie. Eine zweite sehr merkwürdige Eigenschaft des Uranusspectrums besteht darin, dass dasselbe eine beträchtliche Unterbrechung des Sonnenspectrums zeigt, welche erst am rothen Ende wieder verschwindet. Der Raum dieses gänzlichen Lichtmangels erstreckte sich über den ganzen gelben Theil, so dass also die sonst so leicht sichtbare *D* Linie im Uranusspectrum gar nicht wahrzunehmen war. Es muss jedoch hierbei sowohl die für Spectralbeobachtungen immerhin grosse Lichtschwäche des Uranus, als auch der Umstand, dass am Beobachtungstage der Mond sich in der Nähe des Planeten befand, berücksichtigt werden.

Einen zweiten Gegenstand der Beobachtung bildete der Veränderliche *R* Geminorum (1855 AR = $6^h\,58^m\,37^s$ D = $+\,22^0\,55'.4$). Das Spectrum dieses Sternes gehört zu den wenigen, welche helle Linien, theils isolirt, theils auf erleuchtetem Spectralgrunde wahrnehmen lassen. Die Beobachtungen an zwei Abenden (14. u. 15. Febr. d. J.) in der Nähe seines Maximums zeigten vier helle Linien. Die Linie *F* war sehr glänzend und isolirt auf dunklem Grunde, dann folgte ein leuchtender Theil des Spectrums, auf welchem die Magnesiumlinie oder eine dieser sehr benachbarte erglänzte; dann ein gelber Theil mit einer hellen Doppellinie und endlich die Wasserstofflinie *C*, welche zeitweise aufblitzte und das Spectrum endigte.

P. Secchi macht auf die grosse Aehnlichkeit dieses Spectrums mit demjenigen des im Jahre 1866 in der Krone aufleuchtenden Sternes aufmerksam.

Am Schlusse des citirten Aufsatzes wird bei Gelegenheit von Sonnenfleckenbeobachtungen die bereits von Huggins und Lockyer beobachtete, und im vorigen Hefte dieser Schrift besprochene, Verbreiterung der dunklen Linien des Sonnenspectrums in einem Sonnenflecke discutirt. Wenn aber P. Secchi S. 764 l. c. sagt:

„L'interprétation qu'on a donnée de ces phénomènes, observés jusqu'ici imparfaitement et en masse, consiste à les attribuer à la diminution d'éclat du fond noir des taches elles-mêmes, qui permettait ainsi de voir mieux les raies. Cette interprétation admise jusqu'ici me paraît parfaitement erronée“,

so beweist er hierdurch, dass ihm die von Huggins fast ein volles Jahr früher angestellten und in den *Philosophical Transactions* vom Jahre 1868 (*Received* April 30) S. 553 ff. ausführlich beschriebenen Beobachtungen nebst ihren Erklärungen unbekannt geblieben sind.

Denn Huggins widerlegt die von P. Secchi angefochtene Erklärung mit denselben Argumenten wie jener, indem er (l. c. p. 553) sagt (vgl. das Referat im vorigen Hefte dieser Vierteljahrsschrift):

„There still remained two sources of uncertainty. 1. In consequence of the mode in which the spectrum is formed, under similar conditions of the instrument, the dark lines should appear rather thicker when the light is feebler. 2. The increased thickness of the lines in the compound spectrum might be due to the light of the umbra, or to that of our atmosphere.

The uncertainty on both these points was removed by observing the feebler spectrum of the illuminated atmosphere near the sun's limb. The lines in this spectrum, though they appeared very slightly stronger, were not so in a degree that could afford an explanation of the very marked increase of strength which most of them presented in the spectrum of the umbra. It seemed, therefore, satisfactorily determined that the ligth from the umbra had really suffered a more powerful absorption.“

In der folgenden, zweiten Mittheilung von P. Secchi sind die Resultate einer genaueren Untersuchung über die Veränderungen und Abweichungen enthalten, welche das Spectrum der Flecken im Vergleich zum Sonnenspectrum aufweist. Ein diese Beobachtungen besonders begünstigender Umstand war das Erscheinen der in der ersten Hälfte des April d. J. sichtbaren sehr schönen Fleckengruppe. Dieselbe bot am 11., 12. und 13. des genannten Monats einen doppelten Kern von ovaler Form dar, welchen eine breite, von schweifartig gruppirten kleineren Flecken begleitete Penumbra umgab. Die beiden Hauptkerne waren durch eine sehr schmale und stark glänzende Lichtader getrennt, welche auch die breite Penumbra von einer Seite bis zur andern vollständig durchsetzte.

Eine ausserordentliche Klarheit der Atmosphäre um jene Zeit vervollständigte die Zahl der günstigen Bedingungen, unter denen P. Secchi zu den folgenden Resultaten gelangte.

Es wurden zunächst diejenigen Linien aufgesucht, welche am meisten durch die erwähnte Verbreiterung und Verdunkelung von den entsprechenden Linien des Sonnenspectrums abwichen. Es zeigte sich, dass dies die Linien 719.5 und 864 der Kirchhoff'schen Scala waren, von denen die erste der Barium-, die zweite der Calciumgruppe angehört. Von diesen Linien heisst es (l. c. p. 960): *„Dans les noyaux, elles devenaient au moins trois fois plus noires et plus larges que dans le spectre ordinaire, tout en restant tranchées aux bords."*

Referent bemerkt hierbei, dass auch bereits Huggins in der oben citirten Abhandlung den Unterschied in der Verdunkelung hervorgehoben hat, welcher bezüglich verschiedener Linien des Sonnenspectrums im vorliegenden Falle stattfindet. Die betreffende Stelle lautet (l. c. p. 553):

„The increase of thickness, however, did not appear to take place in the same proportion for all lines. The lines C and F, due to hydrogen, appeared increased but very slightly, if indeed they were any thicker than would be due to a spectrum of feebler intensity. I incline to the opinion that these lines are not sensibly altered.

There is a small group of lines a little less refrangible than b, at 1601 to 1609, of Kirchhoff's scale, and which in his map are marked as coincident with lines of chromium, which was especially noticeable from increased thickness. That this circumstance was not connected with any peculiarity of the spot under examination is shown by a similar observation having been made on other spots."

Eine wesentlich neue Thatsache der Beobachtungen Secchi's besteht jedoch darin, dass derselbe ausser den erwähnten Modificationen des gewöhnlichen Sonnenspectrums auch noch dunklere Zonen im Spectrum der Sonnenflecken nachgewiesen hat.

Es werden im Ganzen fünf Stellen des Spectrums bezeichnet, an denen solche dunklere Zonen auftraten, und es mag die

Beschreibung derselben am besten mit des Beobachters Worten hier folgen:

1. „. . . dans le milieu de l'intervalle qui sépare C de D, se formait une zone très-sombre, due à une foule de lignes nébuleuses qui se formaient et se renforçaient en se dilatant visiblement.“

Ausser dieser Zone finden noch in vier anderen Gegenden des Spectrums stärkere Absorptionen statt. Diese Gegenden werden folgendermaassen näher bezeichnet:

2. „l'une de ces régions se trouve dans le rouge, près de C, du côté de B.

3. une autre près de la raie D.

4. un espace assez vaste dans le vert, ...

5. enfin une autre bande dans le bleu.“

Eine andere sehr bemerkenswerthe Erscheinung besteht darin, dass die Wasserstofflinien *F* und *C* im Spectrum des Sonnenfleckes, namentlich der Penumbra, nicht nur fast vollständig verschwanden, sondern sich, wenn die oben erwähnte Lichtader auf den Spalt des Spectroskopes gebracht wurde, in leuchtende Linien verwandelten.

„Les raies de l'hydrogène, disparues presque partout sur la pénombre, mais devenues brillants sur le pont[1]*) et sur la partie des noyaux la plus voisine de lui.“ (l. c. p. 960.)* Auch wird das Aufblitzen solcher heller Linien in der vierten der oben angeführten Absorptionsgegenden erwähnt:

„et ce qui est le plus remarquable, j'ai observé que, sur le fond de cette nébulosité sombre, brillaient des raies lumineuses séparées deux à deux par des intervalles médiocres.“ (l. c. p. 961.)

Durch alle diese Umstände gestaltet sich nun das Spectrum des Sonnenfleckes zu einem wesentlich vom gewöhnlichen Sonnenspectrum abweichenden, und P. Secchi bemerkt, dass es unmöglich sei, dieses so modificirte Spectrum zu betrachten, ohne an das Spectrum gewisser Sterne, namentlich an das von *α* Orionis erinnert zu werden. Der Anblick des Spectrums

---

[1]) Die beschriebene Lichtader wird wegen der durch sie quer über den Fleck hinweg hergestellten Verbindung der leuchtenden Sonnenoberfläche mit *„pont“* bezeichnet.

im Innern der Flecken sei vollkommen ähnlich dem Spectrum des Arctur und Aldebaran, Sterne, in deren Spectren die Linien sehr leicht zu trennen und ziemlich breit sind, während das Spectrum unserer Sonne mehr demjenigen des Pollux, seiner sehr feinen und zarten Linien wegen, gleiche.

Die dunklen Bänder im Roth und andern Theilen des Spectrums erinnerten an die Bänder von α Orionis, und P. Secchi sagt sogar: *„j'ai effectivement trouvé qu'elles leurs correspondaient"* und fährt dann fort: *„Mais ce qui me paraît plus important encore est le système des couples de raies brillantes, qui rappellent parfaitement celles de la région verte de ces étoiles."*

In den folgenden Worten wird diese Analogie zwischen den Spectren verschiedener Fixsterne und einzelner Theile der Sonnenflecke noch bestimmter hervorgehoben:

„Il est impossible, en comparant les deux classes de spectres, de repousser l'idée que le Soleil lui-même nous présenterait un spectre comme celui d'Aldébaran ou d'Arcturus, si la lumière était partout comme dans les pénombres, et comme celui d'α d'Orion ou de ϑ de la Baleine[1]*, s'il était réduit á la lumière des noyaux des taches."*

Die letztern Sterne sind veränderliche, wie überhaupt die Mehrzahl derjenigen, deren Spectren ausgedehntere Absorptionsbänder besitzen. P. Secchi wird demnach zu der Annahme geführt, dass der Entstehung der Sonnenflecken ähnliche Ursachen zu Grunde liegen müssen wie dem Phänomen der Veränderlichkeit der Sterne.

Die darauf bezügliche Stelle am Schlusse der erwähnten Mittheilung lautet folgendermaassen:

„L'application des phénomènes que nous venons de décrire aux étoiles variables est manifeste: ces étoiles devraient leur variabilité à des causes semblables à celles qui agissent sur les taches de notre Soleil."

Referent erlaubt sich hier darauf hinzuweisen, dass diese Beobachtungen, falls sie sich bei fortgesetztem Studium auch in ihren Einzelheiten bewähren sollten, in ungezwungenster

[1]) Soll wohl heissen *„o de la Baleine" (Mira Ceti).*

Weise durch seine vor vier Jahren veröffentlichte Entwickelungstheorie der Weltkörper[1]) erklärt werden. In dieser Theorie wird der Versuch gemacht, alle wesentlichen Erscheinungen der Himmelskörper, welche dieselben ausser ihrer Ortsveränderung zeigen, als verschiedene Stadien eines grossen Abkühlungsprocesses darzustellen. Das Phänomen der Sonnenflecken und der Veränderlichkeit der Sterne sind nach jener Theorie nur quantitativ nicht qualitativ verschiedene Erscheinungen, indem die ersten Anfänge der durch fortdauernde Abkühlung entstandenen, dunklen Inkrustirung eines Weltkörpers sich nothwendig als relativ weniger leuchtende Stellen oder Flecken bemerkbar machen müssen, welche auf der glühend-flüssigen Oberfläche des Himmelskörpers erscheinen. Haben diese relativ dunklen Stellen, die kurz mit dem Namen „Schlacken" belegt werden mögen, in Folge weiter vorgeschrittener Abkühlung an Ausdehnung und dadurch an Stabilität gewonnen, so muss ein mit solchen dunklen Stellen bedeckter und rotirender Fixstern im Allgemeinen das Phänomen eines Veränderlichen zeigen. —

Eine Erklärung der bei Sonnenflecken und Veränderlichen beobachteten Einzelheiten wurde a. a. O. auf Grund der entwickelten Theorie nur gelegentlich und oberflächlich versucht, indem es dem Verfasser zunächst darauf ankam, die erwähnte Theorie aus allgemeinen und deshalb wenig modificirbaren Thatsachen abzuleiten und sicher zu begründen.

So wurde bezüglich der Penumbren der Sonnenflecke darauf hingewiesen, dass man die Hypothese Kirchhoff's von zweien, in einem gewissen Abstande über einander gelagerten Wolkenmassen vereinfachen könne, indem man nur eine Wolke über der Schlackenmasse annehme. Die letztere erscheint dann durch jene Wolke hindurch als dunkler Kernfleck, die Wolkenränder als Penumbra, so dass bei dieser Modification die Erklärung der Veränderung der Penumbrabreite am Sonnenrande genau mit der Kirchhoff'schen Hypothese übereinstimmte.

[1]) J. C. F. Zöllner, Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipzig 1865. S. 233—255.

Gegenwärtig sieht sich Referent veranlasst, eine weitere Ausführung seiner Theorie der Sonnenflecke zu geben, welche, bei unveränderter Annahme von Schlackeninseln auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche, eine Erklärung der Penumbren enthält, die unter den gemachten Annahmen nicht nur eine nothwendige Forderung physikalischer Gesetze ist, sondern auch eine einfache Deutung einer grossen Anzahl theils längst bekannter, theils neuerdings festgestellter Einzelheiten zu geben im Stande ist.

Die fragliche Theorie ist in Kürze folgende. Die Schlackenmassen besitzen als Abkühlungsproducte eine beträchtlich geringere Temperatur als die sie allseitig umgebende glühendflüssige Masse der leuchtenden Sonnenoberfläche. Die hierdurch bedingten Temperaturunterschiede müssen in der darüber befindlichen elastisch-flüssigen Sonnenatmosphäre Strömungen erzeugen, analog den Land- und Seewinden auf unserer Erde, wie sie durch Temperaturverschiedenheit von Land und Meer an den Küsten der Inseln erfahrungsmässig festgestellt sind. Es müssen sich also längs der Küste einer Schlackeninsel auf der Sonnenoberfläche Winde entwickeln, welche im Allgemeinen senkrecht gegen diese Küste gerichtet sind, nur werden diese Strömungen in dem unteren Theile der Atmosphäre vom Innern der Insel nach aussen, im oberen, d. i. in dem uns zugekehrten und sichtbaren Theile, von aussen nach dem Innern gerichtet sein. Es müssen also an den Grenzen einer Schlackenmasse auf der Sonnenoberfläche Wirbelwinde entstehen, deren Rotationsaxe horizontal den Contouren der Schlackenmasse folgt und durch diese bestimmt wird.

In den über der Schlackenmasse befindlichen Theilen der Sonnenatmosphäre müssen sich wegen der geringeren Strahlung nothwendig Condensationsproducte bilden, die bei ihrer wolkenartigen Natur der Form und Gestaltung nach wesentlich durch die nach dem Centrum gerichteten Strömungen der Atmosphäre bedingt sein werden. Ist nun die der niedrigeren Temperatur über der Schlacke entsprechende Spannkraft der Dämpfe erreicht, was offenbar mit Annäherung der bewegten Theile der Atmosphäre nach dem Centrum der Inseln

in steigendem Maasse der Fall sein wird, so fällt die Ursache fernerer Trübungen fort, und wir erblicken durch den gelichteten und zerrissenen Wolkenschleier die darunter befindliche Schlackeninsel als Kernfleck.

Die Grenzen dieser Insel werden also nach dieser Theorie noch von den Penumbren verdeckt, welche die uns sichtbar werdenden wolkenartigen Producte der Abkühlung der Sonnenatmosphäre über einer Schlackenmasse sind. Hiernach müssen die über dem Kernfleck befindlichen Theile der Sonnenatmosphäre als mit Dämpfen erfüllte Massen von solcher Spannkraft betrachtet werden, wie sie der niedrigeren Temperatur über der Schlackeninsel entspricht. Hierdurch erklärt sich mit Rücksicht auf den im letzten Hefte beschriebenen Versuch, die Verbreiterung der dunklen Spectrallinien, wo sie einen Sonnenfleck durchschneiden. — Ob wir durch die zerrissene Wolkendecke direct auf die Schlacken oder auf eine unmittelbar über denselben gelagerte Wolken- oder Nebelmasse sehen, welche demgemäss kühler und niedriger als die Penumbrawolke sein muss, mag zunächst, als für die Erklärung der wesentlichen Erscheinungen bedeutungslos, dahin gestellt bleiben.

Aus der Natur der besprochenen Wirbelwinde geht nun ferner hervor, dass nach dem Centrum eines Sonnenfleckens ein absteigender, an den äussern Rändern der Penumbra dagegen ein aufsteigender Strom in der Atmosphäre stattfindet. Hieraus folgt, dass der innere Rand der Penumbra tiefer als der äussere liegen und daher das ganze, uns als Penumbra erscheinende, Wolkengebilde konisch oder trichterförmig nach der Mitte des Kernflecks vertieft sein muss.

Hierdurch erklärt sich die beobachtete Verbreiterung der Penumbra nach dem Sonnenrande in bekannter Wiese als ein Phänomen der Perspective. Ebenso findet die eigenthümliche, radiale Schattirung der Penumbra durch die Richtung der vorhandenen Atmosphärenströmung ihre Erklärung.

Sind die erwähnten Wirbelstürme kräftig genug, um die gegenwärtig mit dem Namen der Chromosphäre belegte

Schicht[1]) bis in höhere Regionen emporzureissen, so werden uns diese Theile als Protuberanzen erscheinen. Mit Rücksicht auf die oben besprochene Bewegungsrichtung der Wirbel folgt, dass solche aufwärtssteigende Ströme an dem äusseren Rande der Penumbra liegen müssen, und dieser Umstand erklärt sowohl den Zusammenhang der Protuberanzen mit den Sonnenflecken als auch die in der Nähe der Penumbra beobachteten stärkeren Lichtprocesse.

Diese Skizze einer physikalischen Theorie der Sonnenflecke mag hier genügen, um den Standpunct des Referenten den modificirten Ansichten des P. Secchi gegenüber zu präcisiren.

In der oben citirten dritten Abhandlung wird nämlich auf Grund der mitgetheilten Resultate der Spectralanalyse eine von den bisherigen Ideen etwas abweichende Ansicht über die Constitution der Sonnenflecke mitgetheilt, von welcher P. Secchi glaubt, dass sie eine Art Compromiss zwischen zwei sich entgegenstehenden Theorien bilden könnten.

Der betreffende Passus (l. c. p. 1084) lautet folgendermaassen:

„*Ces résultats conduisent à modifier les idées acceptées jusqu'ici sur la constitution des taches, et ils amènent peut-être à concilier, pour ainsi dire, les deux théories opposées. En effet, pendant que plusieurs astronomes pensent que les taches sont des cavités, les autres veulent que ce soient des nuages suspendus au-dessus de la photosphère. Les deux hypothèses se concilient en admettant que ces masses absorbantes sont plongées dans l'intérieur même de la couche photosphérique; on peut alors, si l'on veut, nommer ces nappes des nuages, pourvu qu'on ne les ocnsidère pas comme étant au-dessus de la photosphère, car les phénomènes observés jusqu'ici sur la forme des pénombres et la constitution des taches s'y opposent, mais dans l'intérieur de la photosphère elle-même.*“

[1]) Diese Schicht umgiebt, wie die Spectralanalyse zeigt, in wechselnder Dicke die ganze Sonne und besteht aus demselben glühenden Gase wie die Protuberanzen, welche nur in höheren Regionen befindliche Theile und Auswüchse jener Schicht sind.

Man sieht, wie diese Darstellung jedwede Erörterung über die Natur jener „*masses absorbantes*“ vermeidet. Dass sie nach der Ansicht P. Secchi's nicht Abkühlungsproducte sein können, möchte noch deutlicher aus folgendem Satze hervorgehen:

„*au-dessous de ces masses absorbantes il pourrait bien rester encore une couche photosphérique très-profonde, qui nous serait masquée par ces masses elles-mêmes.*“

Wären also die „*masses absorbantes*“ als Condensationsproducte einer Temperaturerniedrigung entstanden, so müssten sie von der sie allseitig umgebenden und wärmestrahlenden Photosphäre nach kürzester Zeit wieder aufgelöst werden, ein Einwand, der bekanntlich schon gegen die Möglichkeit einer über der Photosphäre schwebenden Wolke erhoben worden ist.

P. Secchi verwahrt sich daher auch ausdrücklich gegen eine derartige Auffassung der Bezeichnung „Wolke“ für die „absorbirenden Massen“. Er sagt:

„*J'ai dit, que si l'on veut, on peut appeler ces masses absorbantes des nuages, et alors il n'y aurait là qu'une question de définition.*“

Sehr bemerkenswerth sind folgende Worte über das Aussehen und den allgemeinen Anblick der die Ränder eines Sonnenflecks bildenden Penumbraformen:

„*Il n'est pas impossible, en effet, de comparer ces formes allongées à ce que nous voyons dans nos cumuli, lorsqu'ils sont aspirés vers un centre de dépression dans l'atmosphère.*“

Die obige Theorie entwickelt unter den gemachten Annahmen die physikalische Nothwendigkeit eines solchen Depressionscentrums.

Trotz dieser Analogie werden die Sonnenflecken ganz ohne Rücksicht auf ihre Ursachen lediglich betrachtet, als

„*masses obcurses absorbantes, plongées à l'interieur même de la photosphère, qui se trouve ainsi déchirée et se présente à nos regard scomme interrompue et comme offrant de véritables cavités.*

Quant aux causes qui produisent ces déchirements, ce qui précède ne nous fournit pas de données nouvelles, seulement nous savons, que, autour de ces centres

de déchirements, de grandes nappes d'hydrogène sont soulevées et qu'il y existe une agitation immense; mais la cause de ces éruptions est-elle le gaz hydrogène lui-même, ou est-elle autre, nous ne pouvons le constater encore.“

P. Secchi hält es sogar für möglich, dass die Sonnenflecke ihren Lichtmangel einer Temperaturerhöhung verdanken, indem er bemerkt:

„Nous ne savons pas non plus si la photosphère qui reste dissoute visiblement dans l'intérieur des taches y perd son éclat par un abaissement, ou par une élévation de température.“

Diese Bemerkungen mögen genügen, um einerseits die gänzliche Verschiedenheit des Secchi'schen Standpunctes von dem oben bezeichneten des Referenten darzulegen, andererseits aber auch die Ungezwungenheit erkennen zu lassen, mit der die beobachteten Thatsachen der physikalischen Theorie Genüge leisten.

Die erwähnten Wasserstoffmassen *(nappes d'hydrogène)*, welche den äusseren Rand der Penumbra umgeben, und die *„agitation immense“* sind nichts anderes als nothwendige Folgen jener Wirbelwinde, welche an ihrer Aussenseite bei nach oben gerichteter Bewegung die Wasserstoffmassen und stärker erhitzte Theile der untersten Schicht mit emporreissen. Daher auch die stärkere Lichtentwickelung an diesen Stellen. —

Die vierte Abhandlung Secchi's beschäftigt sich mit der Frage, ob aus der Beschaffenheit der Stern- und Sonnenfleck-Spectra auf die Anwesenheit von zusammengesetzten Gasen, als Ursachen gewisser Absorptionsstreifen in den erwähnten Spectren, geschlossen werden dürfe. Die Vergleichung der Spectra des elektrischen Funkens eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates in einem mit Dämpfen von flüchtigen Kohlenwasserstoffen geschwängerten Raume einerseits, und der Sternspectra des vierten Typus, und des Spectrums einzelner Regionen der Sonnenflecke andrerseits, lassen Analogien erkennen, die vielleicht zur Annahme zusammengesetzter Gase von der angedeuteten Beschaffenheit berechtigen. Indessen sind diese Beobachtungen noch nicht zahlreich genug, um weitere Schlüsse auf sie zu gründen, und P. Secchi sagt selber am Schlusse seiner Mittheilung:

„cette étude demande de nouvelles recherches, et tout ce que je viens de dire n'est, pour ainsi dire, qu'un programme de ce qui reste à faire.“ —

Herr Huggins macht in der ersten seiner beiden Notizen die Mittheilung, dass es ihm am 13. Februar d. J. gelungen sei, eine Protuberanz der Sonne gleichzeitig in allen ihren Umrissen zu beobachten. Es wurde hierzu ein kleines Fernrohr benutzt, vor dessen Objectiv sich die Prismen befanden. Zwischen Prismen und Objectiv wurde ein Spalt eingeschoben und die ersteren so gestellt, dass rothe Strahlen von der Brechbarkeit der Linie *C* in das Fernrohr gelangten. Wurde alsdann der Spalt hinreichend weit geöffnet und vor das Ocular ein tiefrothes Glas gesetzt, welches möglichst stark die Strahlen absorbirte, welche nicht von der Brechbarkeit der Linie *C* sind, so wurde die Protuberanz deutlich wahrgenommen *(distinctly perceived)*. Bei sehr klarer Luft konnte auch das Glas fortgelassen werden. Ein Holzschnitt verdeutlicht die Figur der beobachteten Protuberanz.

Der Verfasser verzichtet auf eine ausführliche Beschreibung des angewandten Verfahrens, indem er dasselbe derart zu vervollkommnen hofft, dass eine leichtere Beobachtung der Umrisse der Protuberanzen ermöglicht wird.

Referent erlaubt sich hier auf eine andere, von ihm zu gleichem Zwecke vorgeschlagene und in der Sitzung vom 6. Februar d. J. der Kgl. Sächsischen Gesellschaft d. W. in Leipzig mitgetheilten Methode aufmerksam zu machen, welche, wegen damals noch nicht vollendeter Aufstellung der erforderlichen Instrumente, erst jetzt mit Erfolg zur Anwendung gekommen ist[1]). —

Die zweite Notiz, über die Wärme der Sterne, enthält die Resultate einer vorläufigen Experimentaluntersuchung über die Wirkungen der Wärmestrahlung einiger Sterne. Mit Hülfe eines sehr empfindlichen Thermomultiplicators, welcher sorgfältig gegen alle fremde Wärmestrahlung geschützt im Brennpuncte eines 8zölligen Objectivs befestigt war, ist es

[1]) Berichte d. Kgl. Sächs. Ges. d. W., Sitzung d. mathm.-phys. Classe den 1. Juli 1869. (Vgl. oben S. 55 ff.)

Huggins gelungen, beim Sirius eine Ablenkung der Nadel von 2°, bei Pollux von 1°,5, bei Regulus von 3° und ebenso bei Arcturus in 15 Minuten eine Ablenkung von 3° zu erzielen. Castor zeigte keine Wirkung, und ebenso lieferten die Beobachtungen des Vollmondes nicht übereinstimmende Resultate. In einer Nacht wurde z. B. gar kein Effect erzielt und in einer andern ein so schwankender, dass der Einfluss des Mondes ein unentschiedener blieb.

Wenn diese Untersuchungen, wie Huggins selbst bemerkt, auch noch einen provisorischen Charakter haben, so dürfte durch sie doch zum ersten Male der Beweis geliefert sein, dass die Sterne Wärmewirkungen an der Erdoberfläche hervorzubringen im Stande sind, welche quantitativen Bestimmungen unterworfen werden können. Huggins hofft diese Untersuchungen später mit einem grösseren Fernrohre wieder aufzunehmen, um angenähert die Wärmequantität zu bestimmen, welche die Erde von den helleren Sternen empfängt.

Leipzig, im Juli 1869. F. Zöllner.

Nachtrag. (1881.)

Während die oben erwähnten Beobachtungen von Huggins beim Monde noch unsichere Resultate lieferten, hatte bereits Lord Rosse mit Anwendung des Riesenteleskopes seines Vaters und unter Mitwirkung seines Assistenten Dr. Copeland (gegenwärtig Assistent an der Sternwarte Lord Lindsay's in Dunecht) so bedeutende Ablenkungen durch die Mondstrahlen beobachtet, dass er die Intensitätscurve bis zu den Quadraturen verfolgen und dieselbe mit der von mir für die optischen Strahlen photometrisch bestimmten Curve vergleichen konnte. Lord Rosse übergab seine Abhandlung der *Royal Society* am 27. Mai 1869. — In Frankreich beschäftigten sich um dieselbe Zeit nicht minder erfolgreich mit demselben Problem Baille und Marié-Davy. Ersterer übergab seine Arbeit am 2. Novbr. 1869, Letzterer am 29. Novbr. 1869 der französischen Akademie. (Vergl. Referate im „Naturforscher" Jahrgang II. S. 411. und III. S. 8 u. 43.)

Ueber Spectralphotometrie.

(1881.)

Die von mir vor 8 Jahren am Schlusse (S. 270 ff.) meiner oben abgedruckten zweiten Abhandlung „über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne" angedeuteten Principien der Spectralphotometrie und der hierzu erforderlichen instrumentalen Hilfsmittel sind im Verlaufe der letzten Jahre durch meinen Freund und ehemaligen Schüler Prof. Dr. H. C. Vogel, Observator am Kgl. astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam, mit Erfolg zur praktischen Ausführung gekommen. Bereits im März des Jahres 1877 theilte derselbe der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin eine Abhandlung mit, welche den Titel trägt: „Spectralphotometrische Untersuchungen insbesondere zur Bestimmung der die Sonne umgebenden Gashülle." In dem mir von Hrn. Prof. Dr. Vogel übersandten Abdruck aus den Berichten der Berliner Akademie spricht sich derselbe nach einer vorangegangenen Kritik der Vierordt'schen Methode und Beschreibung des nach den oben von mir angegebenen Principien verbesserten Spectralphotometers wörtlich wie folgt aus:

„Die Bedeutung spectralphotometrischer Beobachtungen für die Astrophysik."

„Es sei mir, ehe ich zur Mittheilung von Beobachtungen übergehe, gestattet, in Kürze darauf hinzuweisen, von welcher Bedeutung die Spectralphotometrie für die Astrophysik zu werden verspricht, und wie sich ein neues ausgedehntes Feld der Forschung von grosser Tragweite zu eröffnen scheint.

Ich würde umsomehr die folgenden Bemerkungen ungern unterdrücken, als es mir in der nächsten Zeit selbst nicht vergönnt sein wird, weitere Untersuchungen auf diesem Gebiete zu machen, da ich kein grösseres Fernrohr zur Verfügung haben werde, demnach nur dadurch die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand zu lenken vermag.

„Die Anwendung der spectroskopischen Methode erstreckt sich vorzugsweise auf selbstleuchtende Gestirne, so dass grade in Bezug auf die uns zunächst liegenden Himmelskörper, die Planeten, welche mit reflectirtem Lichte leuchten, die spectroskopische Untersuchung zwar sehr interessante Resultate zu Tage gefördert, aber unsere Erkenntniss nicht in dem Maasse erweitert hat, dass nicht sehr fühlbare Lücken, besonders in Bezug auf die physische Beschaffenheit einiger Planeten, geblieben wären, die wir zum Theil durch photometrische Beobachtungen auszufüllen im Stande sein werden. Wir beobachten mit Hülfe des Spectroskops elective Absorptionserscheinungen, welche das Sonnenlicht bei dem theilweisen Eintritt in die gasartigen Hüllen, welche die Planeten umgeben, erfährt, und werden gewiss mit der Zeit durch weiter fortgeführte terrestrische Untersuchungen jene eigenthümlichen Absorptionsbänder, wie sie vorzugsweise in den Spectren der beiden äussersten Körper unseres Planetensystems auftreten, deuten lernen. Neben den electiven, sich nur auf sehr schmale Theile des Spectrums erstreckenden Absorptionen, erleidet das Licht aber beim Durchgang durch Gasgemische Schwächungen, die sich über grosse Theile des Spectrums erstrecken und die nicht minder wichtig zur Charakterisirung desselben sind, als die Streifen und Bänder. Für diese Beobachtungen ist das Spectralphotometer geeignet, es wird uns da eine Fortführung der Forschung ermöglichen, wo das gewöhnliche Spectroskop seine Dienste versagt.

Wenn man von einer grösseren Anzahl Körper von bestimmter physikalischer Beschaffenheit das Reflexionsvermögen für Strahlen verschiedener Brechbarkeit kennt, so wird man umgekehrt aus der Uebereinstimmung dieser Grössen eines bekannten, mit analogen Grössen eines unbekannten Körpers, innerhalb gewisser Grenzen, auf die physische Beschaffenheit des letzteren zu schliessen berechtigt sein, man wird daher mit dem Spectralphotometer, auf den Mond angewandt, Fragen über die Farbe und Oberflächenbeschaffenheit dieses uns nächsten Himmelskörpers lösen können.

Bei den selbstleuchtenden Gestirnen wird das Spectralphotometer, wie bei den Planeten, zunächst das Studium des Spectrums vervollständigen helfen, indem es die relativen Intensitäten der einzelnen Spectralbezirke kennen lehrt. Wir werden möglicherweise mit diesem Apparate im Stande sein, in den Spectren veränderlicher Sterne, bei denen mit Hülfe des Spectroskops bisher kein nachweisbarer Unterschied in Bezug auf die dunklen Linien hat erkannt werden können[1]), Aenderungen in der relativen Helligkeit der einzelnen Spectralbezirke wahrzunehmen und auf diese Weise einen Lichtwechsel, der durch die eigenthümliche innere Beschaffenheit der Weltkörper bedingt ist, von dem zu scheiden, der durch das Vorbeigehen eines dunklen Begleiters hervorgebracht wird, wie das z. B. bei Algol sehr wahrscheinlich der Fall ist.“

[1]) „Die Vermuthung Secchi's, dass in dem Spectrum von α Orionis Veränderungen vorgehen, sind durch die Beobachtungen von Huggins und mir als unbegründet erfunden worden, ebenso konnte ich die Beobachtungen Secchi's über Veränderungen im Spectrum von R Geminorum nicht bestätigen.“ Diese Behauptung Vogel's steht im Widerspruch mit den unten (S. 557) citirten Worten von Huggins.

„Die Bestimmung der Intensitätsverhältnisse in den Spectren der Fixsterne setzt uns aber ausserdem noch in den Stand, Folgerungen über den Hitzegrad der Sterne zu machen, ja es dürfte sogar möglich sein, wirkliche Temperaturbestimmungen (natürlich innerhalb weiter Grenzen) auszuführen. Ich lasse hier Zöllner's Worte folgen, der in einer Abhandlung über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne (Berichte der K. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1873 Febr. 21 S. 36 und 37) auch auf die Wichtigkeit der spectralphotometrischen Untersuchungen hinweist."

„„Schwächt man . . . das helle Spectrum (von dem einen Körper herrührend) soweit ab, dass die Helligkeit einer beliebigen Strahlengattung mit der homologen des anderen Spectrums übereinstimmt, so müssen, falls die beiden Körper gleiche Temperatur besitzen, auch alle übrigen homologen Theile photometrisch mit einander übereinstimmen. Ist die Temperatur verschieden, so findet diese Uebereinstimmung nicht statt, sondern wenn die beiden Spectra für eine bestimmte Strahlengattung (z. B. für die der Linie *D* entsprechende) photometrisch gleich gemacht worden sind, werden im Allgemeinen die stärker brechbaren Strahlen des dem heisseren Körper angehörigen Spectrums über die homologen des kühleren prävaliren. Die Intensitätsverhältnisse, welche hierbei stattfinden, sind Functionen der Temperatur, welche sich aus der Kirchhoff'schen Function ergeben müssen. Aber auch schon ohne Kenntniss der letzteren würde diese Methode, auf Sterne angewandt, uns gestatten, die Temperaturverhältnisse derselben wenigstens qualitativ zu bestimmen, d. h. zu entscheiden, welcher von zwei Sternen eine höhere Temperatur besitzt.""

„Ich habe zu derartigen Untersuchungen an Sternen mit dem oben beschriebenen Apparate eine Petroleumlampe in Verbindung bringen lassen, welche in Folge ihrer eigenthümlichen Aufhängung, bei den verschiedenen Lagen des Fernrohrs, immer in derselben Entfernung von dem Reflexionsprisma (*p*) bleibt. Man kann sich, wie die Beobachtungen ergeben haben, innerhalb längerer Zeit auf die Constanz der Flamme verlassen und es wird auf diese Weise möglich, die Intensitätsverhältnisse in den Spectren verschiedener Sterne unter einander zu vergleichen. Nähere Mittheilungen über diese Einrichtungen des Apparates behalte ich mir jedoch vor, bis ich Beobachtungs- und Messungsresultate mittheilen kann.

Ich habe das Spectralphotometer zuerst auf die Sonne angewandt und Beobachtungen angestellt, welche ich weiter unten mittheilen werde, zuvor lasse ich hier einige Untersuchungen über die Genauigkeit, welche die Messungen erreichen können, folgen."

(Vgl. die Fortsetzung in der Originalabhandlung Vogel's.)

In der Gesammtsitzung der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 21. October 1880 legte der Sekretair Hr. Auwers ferner die folgende Abhandlung vor:

„Resultate spectralphotometrischer Untersuchungen, auf dem Kgl. Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam ausgeführt von Prof. H. C. Vogel."

Im Jahre 1877 ist der Königl. Akademie eine Reihe spectralphotometrischer Untersuchungen[1]) vorgelegt worden, die ich insbesondere zu dem Zwecke angestellt hatte, die Absorption der die Sonne umgebenden Gashülle zu ermitteln und eine Vervollständigung der früher von mir und Anderen über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen zu geben. Heute erlaube ich mir weitere spectralphotometrische Beobachtungen mitzutheilen, die besonders in Bezug auf die Intensitätsverhältnisse der Farben in den Spectren einiger Fixsterne Neues bieten dürften. Ich beschränke mich hier lediglich auf eine Mittheilung der Resultate, da die Details der Beobachtungen später in den Publicationen des Astrophysikalischen Observatoriums veröffentlicht werden sollen.

Das auf dem Princip, messbare Veränderungen der Lichtintensität durch Polarisation hervorzubringen, basirte Photometer, welches zu den Versuchen diente, ist eine Modification der Apparate von Bohn, Wild und Glan, und unterscheidet sich von diesen hauptsächlich dadurch, dass sich der Apparat leicht, mit einem grösseren Fernrohr verbunden, zu astronomischen Zwecken verwenden lässt. Der ausführlichen Beschreibung, die

---

[1]) „Sitzungsberichte vom März 1877. Zu den damals gemachten Angaben über das Intensitäts-Verhältniss der Farben in den Spectren der gebräuchlichen Lichtquellen füge ich bei dieser Gelegenheit noch eine Ergänzung durch Mittheilung der Resultate einer Beobachtungsreihe hinzu, welche sich auf das aus Paraffinöl bereitete Gas bezieht. Derartiges Leuchtgas, welches auf dem Observatorium bereitet wird, ist mit Petroleum verglichen und im Mittel aus 15 Doppeleinstellungen von mir, Dr. Müller und Dr. Kempf gefunden:

Wellenlänge Mill. Millim.	Petroleum / Oelgas
673	86
633	91
600	95
555	100
517	104
486	106
464	107
444	106
426	105

Es geht hieraus hervor, dass dieses Gas in den brechbareren Theilen des Spectrums an Intensität hinter Petroleumlicht zurücksteht, sich in dieser Hinsicht also umgekehrt verhält wie gewöhnliches aus Steinkohlen bereitetes Leuchtgas. Dies ist in Uebereinstimmung mit der bekannten Thatsache, dass die Hitze der Flamme von sogenanntem Fettgas, in Folge des verhältnissmässig geringen Wasserstoffgehalts, geringer ist als die des wasserstoffreichen aus Steinkohlen bereiteten Gases."

ich in der früheren Mittheilung gegeben habe, ist nur noch hinzuzufügen, dass mit dem Apparate bleibend eine Petroleumlampe in Verbindung gebracht worden ist, die, um zwei senkrecht aufeinander stehende Axen beweglich, mittelst einer Wasserwage eingestellt werden kann. Die Flamme bleibt so von dem Spalt des Spectroskops, auf welche das von ihr ausgehende Licht durch ein totalreflectirendes Prisma geworfen wird, in constanter Entfernung. Der Cylinder der Lampe ist aus schwarzem Eisenblech gefertigt und mit zwei durch Glasplatten verschlossenen Oeffnungen versehen, um das Licht der Flamme nach dem Apparate gelangen zu lassen und um mittelst eines kleinen Kathetometers, wie beim Zöllner'schen Photometer, die Höhe der Flamme zu beobachten und zu reguliren." (S. 802.)

Durch diese constante Verbindung der Lampe mit dem Apparate hat derselbe ausserordentlich an Vielseitigkeit der Anwendbarkeit gewonnen. Es hat sich durch Versuche mit verschiedenen Petroleumlampen herausgestellt, dass bei einiger Vorsicht, die sich besonders auf Reinigung der Lampe vor dem Gebrauch und stets frische Füllung bezieht, die Intensitätsverhältnisse der Farben in dem Spectrum des Petroleumlichtes nur sehr geringen Schwankungen unterworfen sind, und daher Beobachtungen, die an verschiedenen Tagen angestellt sind, mit einander verglichen werden können.[1])

Die Constanz des Petroleumlichts macht es sogar möglich, auch mit verschiedenen Apparaten ausgeführte Beobachtungen mit einander zu vergleichen. Es ist dabei nicht zu vergessen, dass die Beobachtungen, wie aus den früheren Mittheilungen ersichtlich ist, stets so angestellt werden, dass nicht absolute Intensitäten bestimmt werden, sondern immer nur das Verhältniss der Intensität einer Farbe von bestimmter Wellenlänge in einer Lichtquelle zu derselben Farbe in dem Petroleum-Licht. Mit der Substanz des Prismas ändert sich auch die Dispersion und damit die absolute Intensität einer jeden Farbe. Vergleichbare Resultate über absolute Intensitäten würde man nur dann erhalten, wenn man die bei jedem Apparate gegebenen Dispersions-Verhältnisse reduciren würde auf die des Diffractions-Spectrums, wie es auch Vierordt ganz richtig gethan hat bei der Wiederholung der Fraunhofer'schen Untersuchungen über die Intensitäten der Farben.[2])

---

[1]) „Es empfiehlt sich, die Lampe einige Zeit brennen zu lassen, ehe man mit den Beobachtungen beginnt und dann die Beobachtungen so anzuordnen, dass man erst von einem Ende des Spectrums zum andern und dann in umgekehrter Reihenfolge zurück geht, um den Einfluss einer etwaigen Veränderung der Lampe zu eliminiren."

[2]) „Vor Kurzem ist von J. W. Draper (Am. Journ. 1879, Vol. 18, No. 103, p. 30) eine Notiz veröffentlicht worden, wonach im Diffractionsspectrum die Intensitäten aller Farben einander gleich sein sollen. Die rohen, auf der ungenauesten photometrischen Methode, nämlich der des Verschwindens auf hellem Grunde, basirten Beobachtungen, widersprechen den bisher bekannten Wahrnehmungen. Wohl ist es denkbar, dass bei einer bestimmten Dispersion die von einer Lichtquelle ausgehenden Strahlen verschiedener Brechbarkeit gleiche absolute Intensität besitzen, bei derselben Dispersion wird aber eine andere Lichtquelle von erheblich verschiedener Temperatur eine Gleichheit der Intensität der Farben

I.

Bei den photometrischen Beobachtungen der Fixsternspectra, zu deren Mittheilung ich nun übergehe, bin ich auf sehr grosse Schwierigkeiten gestossen. Zunächst waren es experimentelle Schwierigkeiten, die zu überwinden waren. Weder das Sternspectrum mittelst Cylinderlinse in ein breites Band auszuziehen, noch die Beobachtungen anzustellen, wenn das Spectrum, ohne Anwendung von Cylinderlinse, nahezu linear erschien, stellte sich als vortheilhaft heraus. Im ersten Falle war das Spectrum zu schwach, im andern Falle zeigte es auffällige Intensitätsschwankungen bei der geringsten Veränderung in der Focaleinstellung. Die besten Resultate wurden erhalten, als der Spalt des Spectroskops sich etwas ausserhalb des Focus der Objectivlinse des Fernrohrs befand. Bei dieser Stellung konnte aber eine Vergleichung der Intensitäten der Farben mit der Intensität der entsprechenden Farbe im Petroleumlichte nicht ohne Weiteres ausgeführt werden, sondern es musste noch die mit der Farbe sich verändernde Breite des Sternspectrums in Rechnung gezogen werden. Die Bestimmung dieser Breite in den verschiedenen Farben gelang vollständig befriedigend nicht auf directem Wege, sondern erst vermittelst des in diesen Berichten kürzlich von mir beschriebenen und bei Gelegenheit eben dieser Beobachtungen aufgefundenen Verfahrens, indem die Vereinigungspunkte für die Strahlen der verschiedenen Farben bestimmt und dann durch Rechnung die Breite der betreffenden Stellen des Spectrums für die abweichende Spaltstellung ermittelt wurde.

Die eben besprochene Schwierigkeit würde bei Anwendung eines Spiegelteleskops nicht vorhanden sein, da beim Spiegel alle farbigen Strahlen in einem Punkte vereinigt werden und das Spectrum eines Sterns immer durch parallele gerade Linien begrenzt sein wird. Die anderen Schwierigkeiten liegen in der Beobachtung selbst und können nicht gehoben werden. Zunächst ist es die Unruhe der Luft, welche dem Sternspectrum ein anderes Aussehen verleiht als dem Vergleichsspectrum des Petroleums. Das unruhige, von unzähligen hin- und herspringenden dunklen Längslinien durchzogene Sternspectrum ist besonders im Gelb äusserst schwer mit dem entsprechenden Theile des Petroleumspectrums zu vergleichen. Auch wird durch das Auf- und Niederspringen des Sternbildes in dem weitgeöffneten Spalt bewirkt, dass Theile des Spectrums zur Beobachtung kommen, welche von dem Vergleichsspectrum verschieden sind. Der Spalt des Spectroskops muss aber verhältnissmässig weit geöffnet werden, damit die Fraunhoferschen Linien nicht stören. Das hat ferner zur Folge, dass die Farben weniger rein werden und sich schwieriger vergleichen lassen. Bei den vorliegenden Beobachtungen hat endlich unregelmässiger Gang des Uhrwerks oft recht

---

nicht zeigen können, wie das einfach daraus folgt, dass Lichtquellen verschiedener Temperatur, bei welchen man die Intensitätsverhältnisse der Farbe relativ zu ein und derselben Lichtquelle bestimmt, die grössten Verschiedenheiten zeigen und bei einer derartigen Vergleichung weder die besonderen Dispersionsverhältnisse, noch Absorption und individuelle Verschiedenheit der Augen in Betracht kommen."

störend und erschwerend gewirkt. Unter diesen Umständen konnte ich mich des Gefühls der Unsicherheit nicht erwehren; jedoch haben die Beobachtungen einiger Sterne eine über Erwarten gute Uebereinstimmung gezeigt, auch sind die Unterschiede in den Intensitätsverhältnissen bei den verschiedenen Sternen so beträchtlich, dass diese sich unzweifelhaft und deutlich aussprechen...

„Die Beobachtungen sind öfters wiederholt und von mir und Herrn Dr. G. Müller, welcher sich viel mit photometrischen Beobachtungen beschäftigt, sich schon an den früheren spectralphotometrischen Untersuchungen betheiligte und ein besonders feines Auffassungsvermögen für kleine Helligkeitsunterschiede besitzt, ausgeführt worden. Gewöhnlich wurden die Beobachtungen so angestellt, dass abwechselnd einer von uns die Einstellungen machte, während der andere den Kreis ablas, wodurch ausser der Annehmlichkeit, dass das Auge des Beobachters nicht durch grelles Licht geblendet wurde, noch eine Präoccupation möglichst vermieden werden konnte. Die Beobachtungen sind graphisch ausgeglichen worden und sind die hier mitgetheilten Zahlen aus den Curven abgeleitete Mittelwerthe.

Wellenlänge	Intensität					
Mill. Millimeter	Petroleum Sirius	Petroleum Wega	Petroleum Capella	Petroleum Arctur	Petroleum Aldebaran	Petroleum Beteigeuze
633	285	270	232	200	218	202
600	200	191	173	153	159	153
555	100	100	100	100	100	100
517	49	50	46	71	70	61
486	24	27	20	57	53	47
464	14	16	14	50	48	39
444	11	9	12	46	41	32

In Bezug auf die Genauigkeit dieser Beobachtungen sei erwähnt, dass bei Sirius die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der Curve im Mittel 9 %, betragen, bei Wega 11 %, bei Capella schliessen sich alle Beobachtungen auf das Genaueste einer gleichmässig verlaufenden Curve an. Von den rothen Sternen sind die Beobachtungen bei Arctur am unsichersten, die Abweichungen von der Curve betragen im Mittel 13 %, bei Aldebaran 18 %, bei Beteigeuze 9 %. Die Curvenpunkte selbst besitzen eine Genauigkeit von etwa 5 %.“ (S. 806.)

II.

Ich füge diesen Beobachtungen noch solche über die Sonne und über das elektrische Licht[1]) bei, von denen die ersteren, wegen der viel günstigeren Verhältnisse, unter denen die Beobachtungen angestellt werden können, eine grosse Sicherheit besitzen, die letzteren dagegen, wegen der Inconstanz des elektrischen Lichtes, wohl nie einen hohen Grad von Ge-

[1]) Das elektrische Licht wurde durch eine kräftige dynamoelektrische Maschine, welche von einer 6pferdigen Gasmaschine in Bewegung gesetzt wurde, erzeugt.

nauigkeit erreichen können. An diesen Beobachtungen hat sich ausser mir und Hrn. Dr. Müller noch Hr. Dr. Kempf betheiligt.

Wellenlänge Mill. Millim.	Intensität Petroleum / Sonne	Intensität Petroleum / Elektrisches Licht
633	232	190
600	175	149
555	100	100
517	52	64
486	27	43
464	18	32
444	11	25
426	10	20

Abweichungen der Beobachtungen von der Curve bei der Sonne im Mittel 6%, bei dem elektrischen Licht 16%. Die Curvenpunkte haben eine Genauigkeit von etwa 4% resp. 8%.

„Aus den mitgetheilten Zahlenwerthen lässt sich leicht eine Verwandtschaft der Sterne mit nahezu gleichem Spectrum, Sirius und Wega einerseits, Capella und Sonne andererseits, erkennen, auch zeigen die rothen Sterne unter sich nahezu gleiche Intensitätsverhältnisse. Bei den weissen Sternen Sirius und Wega ist deutlich ausgesprochen, dass die brechbareren Theile des Spectrums eine viel grössere Intensität besitzen, als bei den gelblichen Sternen Capella und Sonne und bei den rothen Sternen Arctur, Aldebaran und Beteigeuze. Es ist ferner nicht ohne Interesse, dass die Intensitätsverhältnisse des elektrischen Lichtes im Vergleich zu Petroleum von dem der rothen Sterne wenig abweichen. Wenngleich eine directe Vergleichung nicht statthaft sein dürfte, da das von den Sternen zu uns gelangende Licht in unserer Atmosphäre eine Absorption erlitten hat, die sich vorzugsweise auf die blauen Strahlen erstreckt, und daher sämmtliche Curven für die Sonne und die Sterne ein stärkeres Anwachsen mit abnehmender Wellenlänge zeigen würden, wenn wir den Einfluss der Atmosphäre eliminiren könnten, so lässt sich doch so viel erkennen, dass die rothen Sterne in einem Glühzustand befindlich sind, der sich einigermaassen mit der Temperatur des elektrischen Flammenbogens vergleichen lässt.

Wenn bei der Beobachtung des Spectrums schon der blosse Augenschein die verhältnissmässig grosse Intensität der brechbareren Theile des Spectrums weisser Sterne ergeben hat, so fehlte doch bislang jeder Anhalt über die Grösse der Unterschiede, auch war nicht ohne Weiteres zu entscheiden, in welchem Verhältniss der Glühzustand der Sterne zu dem unserer Sonne stand. Aus den mitgetheilten Beobachtungen geht nun mit Sicherheit hervor, dass die weissen Sterne in einem bedeutend höheren Glühzustande sich befinden müssen als die Sonne, dass die gelben Sterne, mit nahezu gleichem Spectrum wie die Sonne, sich auch in ganz ähnlichem Glühzustande befinden, endlich, dass die Temperatur der rothen Sterne weit unter der Temperatur unserer Sonne gelegen ist. Mittelst der Kirchhoff'schen Function dürfte es dereinst gelingen, aus den Beobachtungen

der Intensitätsverhältnisse in den Sternspectren die wirklichen Temperaturunterschiede der Himmelskörper abzuleiten.

Die mitgetheilten Beobachtungen geben ferner eine Bestätigung der Ansicht, dass sich in den Spectren das Entwickelungs- (Abkühlungs-) Stadium der Sterne abspiegelt, welche Ansicht mich bekanntlich veranlasst hatte, eine etwas andere Classification der Sterne nach ihren Spectren vorzunehmen, als es von Secchi vorgeschlagen worden war (Astron. Nachr. Nr. 2000); auch gewinnt die Annahme, dass ein Theil der Streifen und Bänder, welche wir in den Spectren rother Sterne beobachten, chemischen Verbindungen in den sie umgebenden Atmosphären zuzuschreiben sind, sehr an Wahrscheinlichkeit, da bei Temperaturen, welche die des elektrischen Flammenbogens nicht sehr wesentlich überschreiten, sehr wohl chemische Verbindungen denkbar sind.

Ueber die Intensitätsverhältnisse im Spectrum des elektrischen Lichtes liegen auch von anderen Beobachtern Resultate vor, so aus jüngster Zeit von O. E. Meyer (Zeitschr. f. angew. Electr. v. Carl). Sie lassen aber keinen directen Vergleich mit unseren Beobachtungen zu, da die genaueren Angaben über die untersuchten Stellen des Spectrums fehlen, und nur die allgemeinen Bezeichnungen, Roth, Gelb u. s. w., angegeben sind." (S. 808.)

Eine directe Vergleichung des Sonnenspectrums mit dem elektrischen Lichte ist noch von Hrn. Dr. Müller ausgeführt worden. Die mit dem Apparate verbundene Lampe wurde zu dem Zwecke entfernt, und Sonnenlicht, durch weisses Papier abgeschwächt, auf die eine Hälfte des Spaltes geworfen, während das elektrische Licht, von einer weissen Porzellanschale reflectirt, auf die andere Hälfte des Spaltes gelangte. Um die Veränderung des Sonnenlichtes beim Durchgang durch weisses Papier zu eliminiren, wurde nachher folgende Beobachtung angestellt. Die eine Hälfte des Spaltes wurde wie vorher durch Sonnenlicht, welches durch dasselbe weisse Papier gegangen war, erhellt, während die andere Hälfte von der matten weissen Schaale reflectirtes Sonnenlicht erhielt.

Die graphisch ausgeglichenen Beobachtungen ergaben:

Wellenlänge Mill. Millim.	Sonne / Elektr. Licht
633	80
600	83
555	100
517	125
486	159
464	189
444	224

Aus den Vergleichungen beider Lichtquellen mit der Petroleumflamme würde man, in Anbetracht der schon erwähnten grossen Schwierigkeit der Beobachtung des elektrischen Lichtes, in recht befriedigender Uebereinstimmung mit diesen Zahlen erhalten:

Wellenlänge Mill. Millim.	Sonne / Elektr. Licht
633	82
600	85
555	100
517	121
486	159
464	178
444	227

Die Behauptung von O. E. Meyer (a. a. O. p. 325), dass das Sonnenlicht in den mittleren Theilen des Spectrums beträchtlich heller leuchte als elektrisches Licht, während das letztere im Roth und Violett überwiege, haben wir nicht bestätigt gefunden. Es ist unzweifelhaft immer eine stete Zunahme der Intensität des Sonnenlichtes nach Blau gegen das elektrische Licht beobachtet worden, nicht nur durch die Messungen selbst, sondern auch durch den blossen Augenschein, wenn beide Spectra im Roth oder Gelb gleich intensiv gemacht wurden und in der ganzen Ausdehnung nach Blau hin zu übersehen waren.

III.

„Spectralphotometrische Beobachtungen am Mond von mir und Hrn. Dr. Müller haben folgende Resultate gegeben:

Wellenlänge Mill. Millim.	Petroleum / Mond
633	230
600	164
555	100
517	62
486	40
464	29
444	22
426	18

Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der Curve im Mittel 6%. Die Genauigkeit der Curvenpunkte ist zu 4% anzunehmen.

Es schien mir nicht uninteressant, zum Vergleich das Verhalten einer Reihe von irdischen Stoffen, welche von der Sonne unter nahezu senkrechter Incidenz beleuchtet wurden, zu untersuchen. Hierbei haben sich folgende Resultate ergeben:

Wellenlänge Mill. Millim.	Rother Ziegelstein	Dolerit	Gelber Lehm	Gelber Sand
633	90	256	175	178
600	76	173	145	145
555	100	100	100	100
517	69	53	68	55
486	55	30	50	32
464	48	22	40	23
444	35	20	36	21

Wellenlänge Mill. Millim.	Ackererde	Gemisch von Erde, Sand und Lehm	Gelblich grauer Sandstein
633	210	178	210
600	159	144	160
555	100	100	100
517	67	67	60
486	49	49	37
464	40	37	24
444	35	30	19

Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der Curve durchschnittlich 7 %. Die Sicherheit der Curvenpunkte ist zu 5 % anzunehmen.

Nur bei dem rothen Dachziegel wird das Intensitätsverhältniss durch eine sehr unregelmässige Curve, in Folge electiver Veränderung der Reflexion, dargestellt, bei den anderen weniger auffallend gefärbten Substanzen verläuft die Curve ganz gleichmässig, entsprechend einer mehr allgemeinen, über grössere Strecken des Spectrums sich erstreckenden Absorption.

Aus den Beobachtungen geht so viel hervor, dass die Oberfläche des Mondes nur eine schwache Färbung besitzt und sehr wohl aus solchen Substanzen gebildet sein kann, welche auf unserer Erdoberfläche sich vorfinden. Die beste Uebereinstimmung zeigt gelblich grauer Sandstein." (S. 811).

IV.

Schliesslich lasse ich noch Beobachtungen über die Intensitätsverhältnisse im Spectrum des diffusen Himmelslichtes bei blauem Himmel und bei völlig bedecktem Himmel im Vergleich zum Spectrum der Petroleumflamme folgen, welche die Mittelwerthe aus zahlreichen Beobachtungen von mir und Dr. Müller sind und grosse Sicherheit besitzen (Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der Curve 6 %, die Curvenpunkte sind bis auf etwa 3 % sicher).

Wellenlänge Mill. Millim.	Trüber Himmel Petroleum / diff. Tageslicht	Klarer Himmel Petroleum / diff. Tageslicht
673	—	267
633	340	398
600	212	252
555	100	100
517	47	40
486	23	19
464	13	9
444	10	4
426	9	2

Nicht uninteressant wäre es, derartige Beobachtungen in grösseren Höhen und in südlichen Gegenden zu wiederholen, auch glaube ich, dass ähnliche Beobachtungen für die Meteorologie von Wichtigkeit werden könnten, da die Bläue des Himmels vom Gehalte der Atmosphäre an Wasserdampf abhängig ist."

Auf die bedeutenden Schwierigkeiten der Beobachtung, welche Hr. Prof. Vogel bei Anwendung der Spectralphotometrie auf Fixsterne zu überwinden hatte (Vgl. oben S. 533) habe ich bereits im Jahre 1868 in meiner Abhandlung „über Farbenbestimmung der Gestirne“ (Vgl. den unten folgenden Abdruck) gelegentlich hingewiesen, und deshalb eine auf alle Gestirne anwendbare Methode der Colorimetrie[1]) vorgeschlagen. Wenn auch diese Methode wegen eines subjectiven Factors, nämlich der Reactionsfähigkeit der Netzhaut gegen Farbeneindrücke,[2]) principiell eine weniger strenge als die spectralphotometrische bei Vergleichung homologer Spectraltheile ist, so wird doch, wie ich glaube, dieser theoretische Vorzug durch die erwähnten Schwierigkeiten bei der Beobachtung von Sternen und bezüglich der Genauigkeit Anwendbarkeit wieder zu Gunsten meiner colorimetrischen Methode aufgehoben.

Ebenso habe ich bereits vor 16 Jahren in der Einleitung zu meinen „Photometrischen Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper“ (Leipzig, W. Engelmann, 1865) auf die Bedeutung einer quantitativen Bestimmung der electiven Absorption reflectirender Körperoberflächen für die Erkenntniss der physischen Beschaffenheit beleuchteter Himmelskörper hingewiesen. Meine Worte[3]) an der betreffenden Stelle (S. XXIIIff.) lauten wörtlich wie folgt:

„Die Anwendbarkeit der spectral-analytischen Methode erstreckt sich vorzugsweise nur auf selbstleuchtende Gestirne, so dass hierdurch gerade für die uns zunächst liegenden Körper unseres Planetensystems, welche hauptsächlich mit reflectirtem Sonnenlichte glänzen, diese Untersuchungen weniger Erfolg zu versprechen scheinen.

Will man daher bei diesen Körpern nicht auf wichtige Elemente zu einer genaueren Kenntniss ihrer physischen Beschaffenheit verzichten, so

---

[1]) Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels (1861) S. 38 ff.

[2]) A. a. O. ist in ausführlicher Weise eine Methode beschrieben, durch welche jeder Beobachter sich von der Beschaffenheit seiner Farbenempfindung durch Beobachtungen mit dem Colorimeter Rechenschaft geben kann.

[3]) Vgl. hiermit die oben §. 529 citirten Worte Vogel's.

müssen hier nothwendig noch andere Untersuchungsmethoden in Anwendung gebracht werden.

Dass auch diese sich naturgemäss nur auf eine speciellere Untersuchung des von den Planeten reflectirten Lichtes mit Rücksicht auf die Lichtquelle stützen können, ist *a priori* einleuchtend, insofern, abgesehen von der Gravitation und den magnetischen Beziehungen zwischen Sonne, Mond und Erde[1]), das Licht das einzige, uns bis jetzt bekannte, Band ist, welches zwischen jenen Körpern und unserer Erde geknüpft ist.

Treffen die Strahlen einer beliebigen Lichtquelle auf irgend einen Körper, so wird ein Theil des Lichtes absorbirt und ein anderer reflectirt; das Verhältniss der reflectirten zur aufgefallenen Lichtmenge ist aber eine Grösse, welche wesentlich von der physischen Beschaffenheit des lichtreflectirenden Körpers abhängt, und daher für die Eigenschaften desselben charakteristisch ist. Dieses Verhältniss zwischen den bezeichneten Lichtmengen ist für optische Strahlen von Lambert mit dem Namen „Albedo" belegt worden[2]) und man hat denselben, insoweit er sich auf die lichtreflectirenden Kräfte von Himmelskörpern bezieht, beibehalten.

Ein weisser resp. grauer Körper lässt sich demgemäss als ein solcher definiren, dessen Albedo für die optischen Strahlen verschiedener Brechbarkeit denselben Werth besitzt. Je nach der Grösse dieses Werthes nennen wir den Körper grau oder weiss. Dagegen ist ein farbiger Körper ein solcher, bei dem die Albedo eine Function der Brechbarkeit des auffallenden Lichtes ist.

Verallgemeinert man jedoch den Begriff der Albedo und dem entsprechend die Begriffe weiss und farbig, so kann man mit Berücksichtigung der drei verschiedenen Energien des Lichtes ausser von der optischen auch von der chemischen und thermischen Albedo eines Körpers reden. Alsdann würde ein absolut weisser oder grauer Körper ein solcher sein, bei dem sich die Unabhängigkeit der Albedo von der Wellenlänge des Lichtes nicht nur auf die optischen, sondern auch auf die chemischen und thermischen Strahlen erstreckte. Andrerseits könnte ein für optische Strahlen weisser Körper in dem hier erweiterten Sinne noch als ein farbiger bezeichnet werden, wenn die chemische und thermische Albedo nicht mit der optischen übereinstimmte.

Ob nun solche absolut weisse Körper in der Natur existiren oder nicht, darüber kann bei dem unzureichenden Beobachtungsmaterial bis jetzt kein entscheidendes Urtheil gefällt werden. Indessen darf es sowohl durch die Untersuchungen über strahlende Wärme als auch durch die Erfahrungen auf dem Gebiete der Photographie als eine Thatsache betrachtet werden, dass jedenfalls bei der bei weitem überwiegenden Mehrzahl der Körper das Reflexionsvermögen für verschiedene Strahlengattungen ein sehr verschiedenes ist und dass diese Verschiedenheit wesentlich mit der physi-

[1]) Vergl. S. 210 des citirten Werkes.

[2]) Lambert, *Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae.* Augsburg 1760. §. 704 ff.

kalischen und chemischen Beschaffenheit der reflectirenden Oberfläche zusammenhängt.

Ist daher das Reflexionsvermögen für die chemischen, optischen und thermischen Strahlen bei einer grösseren Anzahl Körper von bekannter physischer Beschaffenheit durch Beobachtungen festgestellt worden, so wird man auch umgekehrt, aus der Uebereinstimmung dieser Grössen eines bekannten mit den analogen Grössen eines unbekannten Körpers, innerhalb gewisser Grenzen, auf die physische Beschaffenheit des letzteren zu schliessen berechtigt sein.[1])

In diesem Sinne hatte ich mir ursprünglich nur die Aufgabe gestellt, auf photometrischem Wege die optische Albedo des Mondes zu bestimmen, um hierdurch für's Erste zur Kenntniss der Farbe dieses uns nächsten Himmelskörpers zu gelangen.

Wie wenig Positives man bis jetzt über diese, scheinbar so leicht zu beantwortende, Frage weiss, geht am deutlichsten aus einer Abhandlung des um die Astrophotometrie so hoch verdienten Professor Seidel hervor, in welcher derselbe nach einer gelegentlichen Discussion aller über diese Frage vorhandenen, sehr spärlichen Beobachtungsdaten zu der wahrscheinlichen Ansicht gelangt, „dass der Mond in der Nähe weit eher schwarz als weiss aussehen müsse."[2]) Dagegen folgt aus meinen Beobachtungen in Uebereinstimmung mit den Resultaten J. Herschel's und Bond's, dass die mittlere Farbe des Mondes etwa mit der des weissen Sandsteins oder Thonmergels übereinstimmt." (Juli 1865.)

Zur Erinnerung an meine obigen, vor 16 Jahren a. a. O. veröffentlichen, Worte fühlte ich mich durch folgenden Aufsatz in der „Norddeutschen Allgemeinen Zeitung" vom Mittwoch d. 27. April 1881, No. 193, veranlasst:

„(Neue spectroskopische Untersuchungen der Himmelskörper.) Bekanntlich hat die Untersuchung der dunkeln (und hellen) Linien in den Spectren der Himmelskörper zu wichtigen und interessanten Ergebnissen bezüglich der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Zustände jener weit entlegenen Welten geleitet. Die Spektra sind aber nicht allein durch die in ihnen auftretenden Linien charakterisirt, sondern auch durch das Intensitätsverhältniss ihrer Farben. Ueber letzteres konnte man indess bis vor kurzem in wissenschaftlich genauer Weise kaum Beobachtungen anstellen, da dem menschlichen Auge die Fähigkeit fast ganz abgeht, verschiedenfarbiges Licht bezüglich seiner Helligkeit mit einander zu vergleichen. Es ist nun einem unserer bedeutendsten Astrophy-

[1]) „*Effectuum naturalium ejusdem generis eaedem assignandae sunt causae, quatenus fieri potest.*" Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica. Lib. III. Cap. I. Regula philosophandi II.*

[2]) L. Seidel, Untersuchungen über die gegenseitigen Helligkeiten der Fixsterne erster Grösse etc. (München 1852) S. 104. — Abhandlungen der K. bayer. Akademie d. W. II. Cl. VI. Bd. III. Abth. S. 642.

siker, Hrn. Prof. Vogel in Potsdam, gelungen, einen Apparat zu konstruiren, mit dem vergleichende spectralphotometrische Untersuchungen angestellt werden können, und derselbe scharfsinnige Gelehrte hat bereits wichtige und dabei allgemein interessante Beobachtungen mit seinem Spectralphotometer angestellt und veröffentlicht. Die ersten Arbeiten, welche Vogel mit seinem Apparat ausführte, reichen bis zum Jahre 1877 zurück. Damals unternahm er es, die Absorption der verschiedenen farbigen Strahlen des Sonnenlichtes bei ihrem Durchgange durch die eigene Atmosphäre der Sonne zu bestimmen, eine Arbeit der feinsten Art, deren Möglichkeit man früher nicht einmal geahnt hätte. Es ergab sich die interessante Wahrnehmung, dass die violetten, dunkelblauen und blauen Strahlen in der Sonnenatmosphäre weit stärker absorbirt werden, als die rothen, gelben und grünen. Professor Vogel berechnete, dass das Licht, welches von einem Punkte in der Mitte der Sonnenscheibe ausgeht, durch Auslöschung in der Sonnenatmosphäre in Bezug auf die rothen Strahlen um nahe $^1/_4$, bei den violetten Strahlen um mehr als die Hälfte vermindert wird. Auch unsere Erdatmosphäre schwächt die hindurchgehenden Lichtstrahlen, und es ist interessant, diese Wirkung mit derjenigen in der Sonnenatmosphäre zu vergleichen. Man findet, dass eine Luftsäule von 55 Kilometer Höhe, bei einem Barometerdrucke von 760 Millimeter und einer Temperatur von Null Grad, fast genau $^3/_4$ des hindurchgehenden Lichtes zurückbehält. Derjenige Theil der Sonnenatmosphäre, welcher vorzugsweise zur Wirksamkeit kommt, nämlich die sog. Chromosphäre, hat eine Höhe von etwa 2200 bis 3000 Kilometer, und dennoch wird das durch diese ungeheuer hohe Schicht hindurchgehende Licht nur auf etwa die Hälfte reducirt. Die jüngsten Untersuchungen Vogels erstrecken sich hauptsächlich auf die Spectra der Fixsterne. Auch hierbei waren ganz beträchtliche Schwierigkeiten zu überwinden, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Aus den Beobachtungen geht nun mit Sicherheit hervor, dass die weissen Sterne sich in einem bedeutend höheren Glühzustande befinden müssen, als unsere Sonne, dass die gelben Sterne mit nahezu gleichem Spectrum wie die Sonne sich auch in ganz ähnlichem Glühzustande befinden, endlich, dass die Temperatur der rothen Sterne weit unter der Temperatur unserer Sonne gelegen ist. Die Beobachtungen geben ferner eine Bestätigung der Ansicht, dass sich in den Spectren das Entwicklungs- (Abkühlungs-) Stadium der Sterne abspiegelt, auch lässt sich so viel erkennen, dass die rothen Sterne in einem Glühzustande befindlich sind, der sich einigermaassen mit der Temperatur des elektrischen Flammenbogens vergleichen lässt. Dabei gewinnt die Annahme, dass ein Theil der dunklen Streifen, welche man in den Spectren der rothen Sterne sieht, chemischen Verbindungen in den sie umgebenden Atmosphären zuzuschreiben sind, sehr an Wahrscheinlichkeit. Auch der Mond ist von Professor Vogel spectralphotometrisch untersucht worden, und zum Vergleich wurde eine Reihe irdischer Stoffe, Dolerit, gelber Lehm, gelber Sand, Ackererde, gelblich grauer Sandstein u. s. w. auf dieselbe Weise geprüft. Aus allen Beobachtungen ging so

viel hervor, dass die Oberfläche des Mondes nur eine schwache Färbung besitzt und sehr wohl aus solchen Substanzen gebildet sein kann, welche auf unserer Erdoberfläche sich vorfinden. Die beste Uebereinstimmung zeigte geblich grauer Sandstein. Diese Ergebnisse sind sehr lehrreich und eröffnen ganz neue Gesichtspunkte für die Erweiterung unserer Kenntnisse von den physischen Zuständen der Mondoberfläche. Vielleicht wird es möglich, einzelne, bestimmt begrenzte Gegenden auf dem Monde spectralphotometrisch zu untersuchen, z. B. jene merkwürdige Landschaft östlich vom Ringgebirge Herodot, die, wenn die Sonne kurze Zeit über ihr aufgegangen ist, ein überaus buntes, gelbgrünes Aussehen annimmt, welches zur Zeit so intensiv ist, dass auch ein ungeübtes Auge am Fernrohr die Farbe sogleich erkennt. Hier und noch in Bezug auf viele andere Punkte dürfte die von Hrn. Prof. Vogel eingeführte spectralphotometrische Methode dereinst zu überraschenden Aufschlüssen führen."

Ich brauche denjenigen gegenüber, welche meine Beziehungen zu Herrn Professor Vogel kennen, nicht die Versicherung zu geben, eine wie lebhafte Freude und Genugthuung mir die in vorstehendem Aufsatze enthaltene öffentliche Anerkennung seiner Fähigkeiten und Verdienste gewährt hat. Denjenigen gegenüber aber, welchen jene Beziehungen unbekannt sind, fühle ich mich zu dieser Erklärung deshalb veranlasst, weil mir anonym die Sonntags-Beilage zu Nr. 102 des „Reichsboten" vom 1. Mai übersandt worden ist, in welcher sich ein wortgetreuer Abdruck des obigen Aufsatzes aus der „Norddeutschen Allgemeinen Zeitung" befindet, in welchem zugleich die Worte „einem unserer bedeutendsten Astrophysiker, Herrn Prof. Vogel in Potsdam" mit Blaustift unterstrichen und mit vier grossen Fragezeichen begleitet sind, offenbar in der Absicht, mich zu einem öffentlichen Urtheile über die Richtigkeit der in obigen Worten enthaltenen wissenschaftlichen Werthschätzung Professor Vogel's zu veranlassen. Ich glaube meine bejahende Antwort auf diese Frage nicht besser ertheilen zu können als durch die Erklärung, dass Herr Professor Vogel sowohl seine frühere Berufung an die Privatsternwarte des Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp bei Kiel als auch seine gegenwärtige Anstellung an dem Königlich astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam wesentlich meinen Empfehlungen an den maassgebenden Stellen zu verdanken hat. Wie sehr ich auch jetzt noch bemüht bin, einem um die Astrophysik so hoch verdienten

Manne zur Verbesserung seiner wissenschaftlichen Stellung förderlich zu sein, mag der folgende Brief beweisen, welchen ich erst kürzlich nach einem am Freitag 13. Mai d. J. stattgefundenen Besuch in Potsdam an Herrn Professor Vogel gerichtet habe. Derselbe lautet wörtlich wie folgt:

Leipzig d. 19. Mai 1881.

„Liebster Freund!

Erst heute komme ich dazu, Ihnen mein lebhaftes Bedauern darüber auszusprechen, dass ich Sie am letzten Freitag mit meiner Mutter bei unserem Besuche in Potsdam leider verfehlt habe. Indessen war meine Zeit eine so beschränkte, dass ich ursprünglich gar nicht beabsichtigt hatte, noch einen Ausflug nach Potsdam zu machen. Sonst hätte ich Sie jedenfalls vorher schriftlich oder telegraphisch benachrichtigt. Aus dem gleichen Grunde war es mir nicht möglich, Auwers und Förster aufzusuchen, die ich herzlich zu grüssen bitte.

Mir haben die Einrichtungen des astrophysikalischen Observatoriums ausserordentlich gefallen, um so mehr, als dabei Zweckmässigkeit mit einer würdigen äusseren Ausstattung vereinigt sind, ohne den prunkenden Luxus der Berliner Institute zu theilen. Haben Sie nicht eine Photographie, welcher ich Sie bitten würde die Ihrige und Lohse's beizufügen, um mich auf diese Weise doch einigermaassen an die heiteren und wissenschaftlich angeregten Stunden zu erinnern, die ich in Ihrer Gesellschaft jederzeit verlebt habe.

Ihre letzten freundlichen Zusendungen über Spectralphotometrie haben mich, wie Sie sich denken können, ausserordentlich interessirt und gewährt es mir eine herzerfrischende Freude, durch Sie alle die Saaten zur Blüthe gebracht zu sehen, die ich in meinen astrophysikalischen Abhandlungen seit zehn Jahren ausgestreut habe. Hoffentlich werden Sie nun endlich zum Director des Observatoriums ernannt, um Ihnen auch äusserlich diejenige Autorität zu verleihen, die Sie wissenschaftlich thatsächlich allen übrigen Angestellten gegenüber besitzen.

Mit herzlichen Grüssen auch von meiner Mutter an Sie und Lohse

Ihr

treu ergebener Freund

F. Zöllner."

Die allgemeine Bedeutung der Spectralphotometrie für die relative Temperaturbestimmung der Fixsterne erleidet durch die elective Absorption ihrer kühleren Atmosphären nicht unwesentliche Einschränkungen und kann daher nur mit Berücksichtigung der bereits in meiner ersten Abhandlung „über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne"

am 2. Juni 1870 ausgesprochenen Sätzen (vgl. oben S. 203) im einzelnen Falle zur kritischen Erörterung der Temperaturverhältnisse eines Fixsternes benutzt werden. Die elective Absorption der Sonnenatmosphäre bedingt z. B. eine Verschiedenheit der Intensität und Farbe zwischen den Rand- und Centraltheilen der Sonnenscheibe, ohne dass mit dieser spectralphotometrischen Verschiedenheit Temperaturverschiedenheiten der Sonnenoberfläche correspondiren.

Nichtsdestoweniger wird man, unter Voraussetzung durchschnittlich gleicher Umstände bei verschiedenen Fixsternen, ihre Farbenverschiedenheit als den Ausdruck einer Temperaturverschiedenheit betrachten dürfen, entsprechend derjenigen Anschauung, durch welche ich im Jahre 1865 die Verschiedenheit der Entwickelungsphasen der Weltkörper als Folge eines ihnen gemeinsamen Abkühlungsprocesses zu begründen versucht habe.[1]) Mit Berücksichtigung dieser Umstände eignet sich zu einer allgemeinen Farbenbestimmung der Gestirne das von mir vor 20 Jahren in Verbindung mit meinem Astrophotometer construirte Colorimeter[2]) viel vortheilhafter als das Spectralphotometer, um so mehr, als die von Hrn. Professor Vogel hervorgehobenen grossen Schwierigkeiten in der Anwendung dieses Instrumentes (vgl. oben S. 529) bei weniger geübten und umsichtigen Beobachtern zu fehlerhaften Schlüssen führen können. Die folgende Abhandlung „über Farbenbestimmung der Gestirne" ist der wörtliche Abdruck eines von mir im Jahre 1868 in den Astronomischen Nachrichten veröffentlichten Aufsatzes.

[1]) „Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper" (Leipzig 1865) S. 261 ff.

[2]) „Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels" (1861) S. 261 ff.

Ueber Farbenbestimmung der Gestirne.

(Astronomische Nachrichten Bd. 71 No. 1701. April 1868.)

Die Farbe eines nicht homogenen Lichtstrahles ist bei unveränderter Reactionsthätigkeit des Auges bedingt durch die relative Stärke des physiologischen Reizes, welchen die homogenen Bestandtheile jenes Strahles auf die Retina ausüben. Zerlegt man einen solchen Strahl mit Hülfe des Prismas in ein Spectrum und bestimmt die relative Helligkeit der verschiedenen Spectraltheile, wie diess z. B. Fraunhofer für das Sonnenlicht gethan hat (Gilbert's Ann. Bd. 56, S. 297), so erhält man eine Helligkeitscurve, durch deren Gestalt die Farbe des analysirten Lichtstrahles bestimmt ist. Für denselben Beobachter müssen daher bei unveränderter Beschaffenheit der Retina gleichen Helligkeitscurven gleiche Farben der untersuchten Lichtquellen entsprechen.

Sind in den beobachteten Spectren Linien vorhanden, so werden dieselben je nach ihrer Intensität mehr oder weniger tiefe Einschnitte oder Vorsprünge bedingen, so dass hierdurch auch der Einfluss, welchen die Anwesenheit und Vertheilung der dunklen resp. hellen Linien in dem Spectrum eines Lichtstrahles auf seine Farbe ausübt, in der Gestalt der Helligkeitscurve seinen Ausdruck finden muss.

Fasst man das Problem der Farbenbestimmung in dieser Allgemeinheit, so bildet dasselbe eine wesentliche Vervollständigung der Spectralanalyse, insofern durch diese zwar die Lage und Zahl der dunklen Linien, nicht aber die Intensität dieser und der continuirlichen Theile des Spectrums bestimmt wird.

Die Nothwendigkeit einer solchen Bestimmung tritt vorzugsweise dann ein, wenn es sich um die Bestimmung der Farbenunterschiede verschiedener, von derselben Lichtquelle beleuchteter Körper handelt. Trotz der hierbei beobachteten Farbenunterschiede vermag die Spectralanalyse im reflectirten Lichte im Allgemeinen nur dieselben Linien nachzuweisen, welche im Lichte der Beleuchtung enthalten sind. Es kann demnach in diesem Falle die vorausgesetzte Farbenverschiedenheit nur in der Verschiedenheit der Helligkeitscurven ihren Ausdruck finden, welche die Spectra jener Körper bei Beleuchtung durch dieselbe Lichtquelle liefern.

Die Anwendung der in Obigem angedeuteten Principien auf Gestirne würde durch die Lichtschwäche der dabei in Betracht kommenden Objecte wesentliche Beschränkungen erleiden. Ich habe deshalb vor acht Jahren[1]) für diesen Zweck eine Methode vorgeschlagen, welche zwar weniger streng, aber dafür mit Leichtigkeit auf alle Objecte am Himmel anwendbar ist. Diese Methode gestattet, die Farbe eines Sternes in allgemein vergleichbarer Weise durch einen bestimmten Winkel auszudrücken. Die in der citirten Schrift mitgetheilten colorimetrischen Bestimmungen einiger Fixsterne hatten zunächst nur den Zweck, die Brauchbarkeit und allgemeine Anwendbarkeit der Methode ausser Zweifel zu stellen.

In Folgendem erlaube ich mir nun, sämmtliche innerhalb der verflossenen 8 Jahre angestellten colorimetrischen Beobachtungen übersichtlich geordnet mitzutheilen, nachdem noch einige Worte über die in Anwendung gebrachte Methode vorausgeschickt worden sind.

Dieselbe beruht auf den Färbungen, welche eine senkrecht zur Axe geschliffene Bergkrystallplatte zwischen zwei Nicol'schen Prismen dem durchgehenden Lichte ertheilt. Diese Färbungen sind vollkommen bestimmt: erstens, durch die Dicke der Bergkrystalle, zweitens, durch die Richtung ihres Drehungsvermögens, drittens, durch den Winkel, welchen die Hauptschnitte der beiden Nicol'schen Prismen mit einander

[1]) Grundzüge einer allgem. Photometrie des Himmels S. 38 ff. (1861)

machen, viertens, durch die Farbe der angewandten Lichtquelle.

Wird daher diese Lichtquelle zur Erzeugung eines künstlichen Sterns benutzt, dem, wie bei meinem Photometer, eine beliebige Helligkeit ertheilt werden kann, so ist man mit Hülfe der angegebenen Methode in den Stand gesetzt, im Gesichtsfelde eines Fernrohrs einen Stern herzustellen, welcher sowohl seiner Farbe als auch in seiner Helligkeit mit dem zu beobachtenden übereinstimmt. Der Winkel, welchen alsdann die Hauptschnitte der Nicol'schen Prismen zu beiden Seiten der Krystallplatte mit einander machen, bestimmt die Farbe des beobachteten Sternes. Dieser Winkel ist es, der bei den folgenden Beobachtungen als „Einstellung des Colorimeters" angegeben ist. Die Bergkrystallplatten in den beiden benutzten Colorimetern sind linksdrehende und besitzen, nach Messung mit einem Oertling'schen Sphärometer, beziehungsweise eine Dicke von 5,056 und 5,082 Millimeter. Der Unterschied dieser beiden Grössen ist von vollkommen unmerklichem Einfluss auf die erzeugten Farben.

Die Winkel wachsen, wenn das bewegliche Nicol für einen Beobachter von der Lichtquelle her nach rechts, also im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers stattfindet.

Wie die folgenden Messungen zeigen werden, entspricht hierbei einem Wachsthum der Winkel von 0° an eine Zunahme der weniger brechbaren Strahlen im Lichte des künstlichen Sternes, so dass derselbe bei einer Drehung in dem angedeuteten Sinne allmälig von Bläulich-Weiss, in Weiss, Gelb, Orange, Roth etc. übergeht. Die auf diese Weise erzielte Farbengleichheit des künstlichen und natürlichen Sternes bedingt jedoch nicht eine physikalische Gleichheit in der Zusammensetzung der Spectra beider Sterne, oder mit anderen Worten, es stimmen die Eingangs erwähnten Helligkeitscurven dieser Spectra nicht vollkommen überein. Diese Uebereinstimmung kann stets nur eine genäherte sein. Sie gestattet aber bei Anwendung derjenigen Lichtstärke, bei welcher die photometrische Vergleichung zweier leuchtenden Punkte die genauesten Resultate liefert, namentlich bei gelben und rothen Sternen, die Herstellung einer scheinbar so vollkommenen

Farbengleichheit zwischen natürlichen und künstlichen Sternen, dass in dieser Beziehung die Methode kaum etwas zu wünschen übrig lassen dürfte. Selbst in den Fällen, wo die Intensität des beobachteten Sternes eine sehr bedeutende ist, und namentlich bei weissen Sternen die Wahrnehmung feiner Farbennüancen ermöglicht, welche dem künstlichen Sterne nicht vollkommen in gleicher Weise ertheilt werden können, ist es jederzeit leicht, dem Colorimeter eine solche Einstellung zu geben, dass die Farbe des künstlichen Sternes die möglichst kleinste Abweichung von der Farbe des natürlichen zeigt.

Sollen nun, bei gleicher Beschaffenheit der Augen [1]), zwei verschiedene Instrumente für dieselben Sterne übereinstimmende Werthe liefern, so müssen die vier oben erwähnten Grössen übereinstimmen. Es ist klar, dass die ersten drei dieser Grössen stets mit hinreichender Genauigkeit bei verschiedenen Apparaten hergestellt werden können. Anders verhält es sich mit der nothwendig vorauszusetzenden Farbengleichheit der angewandten Lichtquellen. Die Construction meines Photometers erfordert die Anwendung einer künstlichen Lichtquelle, zu der ich bis zum Jahre 1861 eine auf constanter Höhe erhaltene Gasflamme, seit jener Zeit aber die Flamme einer besonders für diesen Zweck eingerichteten Petroleumlampe benutzt habe. Es ist bekannt, dass sowohl Gestalt und Höhe des bei diesen Flammen angewandten Cylinders als auch die Qualität der benutzten Brennmaterialien die Helligkeit und Farbe des ausgestrahlten Lichtes modificiren können. Je unvollständiger z. B. die Verbrennung bei einer bestimmten Lampe ist, mit desto röthlicherem Lichte scheint uns dieselbe im Allgemeinen zu leuchten.

Um die Grösse des Einflusses derartiger Farbenunterschiede auf die Farbenbestimmungen nach der erwähnten Methode kennen zu lernen, untersuchte ich mit Hülfe des Colorimeters die Farben einiger Flammen. Das Photometer erhielt bei diesen Bestimmungen als Objectiv eine Doppellinse

[1]) Bezüglich der Bestimmung resp. Elimination etwa vorhandener subjectiver Verschiedenheiten verweise ich auf die ausführliche Untersuchung dieses Gegenstandes in meiner oben citirten Schrift S. 38 bis 46.

von ca. 60 Millimeter Brennweite, dieselbe Linse, welche in meinen „Photometrischen Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper" S. 120 als „Combination II" bezeichnet worden ist. Richtet man diese Linse ohne Anwendung eines Okulars auf eine mehrere Hundert Fuss entfernte Gasflamme, so erscheint dieselbe im Gesichtsfelde des Photometers als ein mehr oder weniger heller rother Stern, welcher in derselben Weise wie die Gestirne des Himmels colorimetrisch bestimmt werden kann. Bei Beobachtung der anderen künstlichen Lichtquellen war vor dem erwähnten Objectiv ein ca. zwei Fuss langes Rohr befestigt, welches durch einen mit einer feinen Oeffnung versehenen Deckel verschlossen war. Diese Oeffnung wurde dann auf den hellsten Theil der zu untersuchenden Lichtquelle gerichtet und der hierdurch im Gesichtsfelde entstehende künstliche Stern bezüglich seiner Farbe wie die anderen Sterne untersucht.

Um auch noch die Farbe eines glühenden Metalls bei der Temperatur seines Schmelzpunktes zu bestimmen und hierdurch ein allgemeines Vergleichungsobject von constanter Farbe zu erhalten, versetzte ich einen Platindraht durch den galvanischen Strom eines Grove'schen Elementes in's Glühen. Alsdann wurde die oben erwähnte feine Oeffnung, welche auch bei Beobachtung der Flammenfarben den künstlichen Stern lieferte, auf die hellste Stelle des glühenden Platindrahtes gerichtet und der Strom mit Hülfe eines Rheostaten allmälig so weit gesteigert, bis der Draht abschmolz. Hierbei wurde gleichzeitig der künstliche Stern des Photometers seiner Intensität und Farbe nach stets dem durch den glühenden Draht erzeugten künstlichen Sterne gleich gemacht und dann nach dem Abschmelzen des Drahtes der Winkel des Colorimeters abgelesen.

Die beiden Petroleumflammen gehören Lampen von verschiedener Construction mit verschieden geformten Cylindern an. Die Oel- und Stearinkerzenflammen brannten frei, ohne Anwendung eines Cylinders. Die hier folgende Zusammenstellung der erhaltenen Resultate beruht auf Beobachtungen, welche an vier verschiedenen Tagen angestellt wurden.

Die Farben einiger künstlicher Lichtquellen.

Lichtquelle	Einstellung des Colorimeters		Zahl der Beobachtungen
Petroleumflamme No. I	54°,9	±0°,4	(22)
Petroleumflamme No. II	55,3	±0,7	(5)
Gasflamme	55,6	±0,4	(15)
Oelflamme	56,1	±0,6	(18)
Schmelzendes Platin	59,0	±0,6	(12)
Stearin-Kerzenflamme	60,0	±0,3	(15)

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich, dass die Farben der Petroleum-, Gas- und Oelflammen für den vorliegenden Zweck als gleich betrachtet werden können, und dass demnach verschiedene mit Colorimetern verbundene Photometer übereinstimmende Resultate geben müssen, wenn zwischen den Beobachtern keine subjectiven Verschiedenheiten ihrer Augen stattfinden.

Die aus den obigen Beobachtungen sich ergebende geringe Farbendifferenz der untersuchten Flammen hat insofern etwas Ueberraschendes, als sich dem freien Auge ein sehr beträchtlicher Unterschied in der Färbung dieser Flammen bemerklich macht. Ein Theil dieses Unterschiedes mag sich durch die bereits früher erwähnte Fähigkeit unseres Auges erklären, feinere Farbennüancen zu unterscheiden, wenn die zu vergleichenden Lichteindrücke hinreichend intensiv sind und namentlich grössere Flächentheile der Retina treffen, was bei den angeführten Beobachtungen in nicht höherem Maasse als bei Sternen der Fall war. Allein ein anderer und sehr bedeutender Theil jener Differenz zwischen Messung und Augenschein rührt von der verschiedenen Leuchtkraft, d. h. von den verschiedenen Lichtmengen her, welche gleiche Flächentheile der untersuchten Lichtquellen aussenden. Da bei der angewandten Methode die Helligkeit des künstlichen Vergleichssterns unabhängig von seiner colorimetrisch bedingten Farbe verändert werden kann und bei den Beobachtungen stets gleich starke Lichteindrücke hergestellt werden, so fällt dieser Unterschied, der für die Schätzung mit freiem Auge vorhanden ist, bei der Beobachtung mit dem Colorimeter hinweg.

Die wichtige Rolle, welche dieser Einfluss der Intensität einer Lichtquelle auf unser Urtheil über ihre Farbe bei der Schätzung von Sternfarben spielt, würde an dieser Stelle ein tieferes Eingehen auf diesen Gegenstand erheischen. Indessen beschränke ich mich vorläufig auf das oben Mitgetheilte, indem ich die ausführliche Untersuchung jenes Einflusses, zu deren Abschluss das vorhandene Beobachtungsmaterial noch nicht ausreichend ist, einer besonderen Abhandlung vorbehalte.

Die hier folgende Zusammenstellung von colorimetrischen Bestimmungen enthält das ganze bis jetzt von mir gesammelte Beobachtungsmaterial. Mit Ausnahme der in diesem Jahre angestellten Beobachtungen sind die früheren meistentheils nur gelegentlicht, am Schlusse einer längeren Reihe von photometrischen Beobachtungen gemacht worden. Es wurde hierbei das Instrument benutzt, welches mir bisher zu meinen photometrischen Beobachtungen gedient hat. Die einzige Modification, welche dasselbe erlitten hat, besteht in der bereits oben angedeuteten Anwendung einer Petroleumflamme an Stelle der bis zum Jahre 1861 benutzten Gasflamme. Dass diese Abänderung auf die erlangten Werthe ohne merklichen Einfluss gewesen ist, zeigen sowohl die oben an künstlichen Lichtquellen angestellten als auch die folgenden Beobachtungen. Die acht mit einem Sternchen versehenen Werthe sind mit einem neuen, von Herrn Ausfeld in Gotha angefertigten Instrumente erhalten worden. Eür die Genauigkeit der zu ermittelnden Werthe haben sich drei Einstellungen hinter einander als genügend erwiesen, da gerade bei dieser Gattung von Beobachtungen die auch auf anderen Gebieten bekannte Erscheinung besonders auffallend hervortritt, dass die unmittelbar hinter einander gemachten Einstellungen viel geringere Abweichungen zeigen, als die zu verschiedenen Zeiten angestellten, ohne dass man hierdurch berechtigt wäre, diese Unterschiede auf objective Verschiedenheiten der beobachteten Gegenstände zu beziehen. Bei allen Werthen der folgenden Zusammenstellung ist die genauere Beobachtungszeit in Form der Höhe des Gestirnes angegeben, um hierdurch den Einfluss erkennen zu lassen, welchen diese

Grösse auf die Farbe des Sternes ausübt. In der That macht sich dieser Einfluss bei Beobachtungen in niedrigen und sehr stark von einander abweichenden Höhen, wie z. B. α Lyrae, α Cassiopeae, α Orionis, Saturn, Venus in der Weise bemerkbar, dass bei den kleinsten Höhen die grössten Werthe der colorimetrischen Einstellung liegen, entsprechend der bekannten Thatsache, dass Sonne und Mond desto röthlicher erscheinen, je tiefer sie stehen. Um daher colorimetrische Beobachtungen, die in grösseren Zenithdistanzen angestellt sind, von jenem Einfluss der atmosphärischen Absorption unabhängig zu machen, müsste eine ähnliche Tafel entworfen werden, wie Seidel für die Reduction der photometrischen Beobachtungen in so befriedigender Weise geliefert hat. Ob jedoch eine solche colorimetrische Extinctionstafel nicht für Sterne von sehr verschiedener Farbe verschieden ausfallen wird, muss weiteren Untersuchungen überlassen bleiben. Jedenfalls müssen sich die Werthe einer solchen Reductionstafel mit dem Zustande unserer Atmosphäre ändern, und es dürften derartige Untersuchungen an der Sonne, in der Nähe des Horizontes angestellt, gerade in meteorologischer Beziehung mannigfaches Interesse darbieten.

Besondere Bemerkungen über die Beschaffenheit des Himmels und über die Erleuchtung desselben durch Dämmerung oder Mondschein sind bei der folgenden Zusammenstellung fortgelassen, da die mitgetheilten Beobachtungen fast durchweg bei vollkommen reiner Luft angestellt wurden und die Erleuchtung des Himmelsgrundes sich auch bei den colorimetrischen Bestimmungen bis jetzt als gänzlich ohne Einfluss auf die erlangten Werthe erwiesen hat.

Die Bezeichnungen der Sterne sind sämmtlich aus Argelander's neuer Uranometrie genommen.

Colorimetrische Bestimmungen von Fixsternen und Planeten.

Name des Sternes.	Einstellung des Colorimeters.	Zahl der Einstellungen.	Datum.	Höhe.
α Lyrae.	9°,7	4	1860 Aug. 18	71°
	14,8	2	„ 20	71
	10,6	2	„ 23	56
	11,5	1	Sept. 27	74
	11,2	2	1862 Dec. 2	40
	15,5	4	„ 16	29
α Cygni.	18,4	4	1860 Aug. 18	82
	20,2	2	„ 20	82
	16,6	2	„ 23	77
	14,0	1	Sept. 27	74
	17,3	3	1862 Dec. 2	65
	18,4	4	„ 16	45
α Aquilae.	19,4	4	1860 Aug. 18	46
	21,2	2	„ 20	46
	18,0	2	„ 23	39
	16,2	1	Sept. 27	45
	17,6	2	1862 Dec. 2	43
γ Aquilae.	45,0	4	1860 Aug. 18	48
	38,2	2	„ 20	48
	33,8	2	„ 23	41
	36,0	1	Sept. 24	47
	33,8	1	„ 27	47
ε Cygni.	33,5	1	1860 Aug. 18	67
	28,1	2	Sept. 12	69
	28,4	1	„ 14	70
β Persei.	18,0	1	Aug. 18	43
	13,3*	3	1868 März 26	37
ϰ Persei.	48,6	1	1860 Aug. 18	45
	31,2	3	1868 März 26	37
α Cephei.	19,8	1	1860 Sept. 12	80
δ Draconis.	21,6	1	„ 12	73
α Cassiopeae.	29,2	2	„ 12	53
	29,9	1	„ 27	62
	27,0	3	1868 Jan. 31	30
	31,5	3	März 14	18
	30,1*	3	„ 14	17
υ Persei.	25,9	1	1860 Sept. 12	70

Name des Sternes.	Einstellung des Colorimeters.	Zahl der Einstellungen.	Datum.	Höhe.
o^1 Cygni.	28°,1	1	1860 Sept. 14	68°
o^2 Cygni.	29,9	1	„ 14	67
γ Draconis.	34,6	1	„ 24	70
	36,4	1	„ 27	77
α Tauri.	38,5	2	1861 Dec. 3	52
	33,1	5	1862 „ 15	38
	41,7*	2	1868 März 26	30
α Orionis.	39,6	2	1861 Dec. 3	37
	36,0	3	1862 „ 15	46
	37,1	4	„ 16	42
	55,1	3	1868 März 14	14
	39,3*	3	„ 16	39
	41,0	3	„ 16	37
	41,5*	2	„ 26	34
γ Orionis.	20,9	2	1861 Dec. 3	38
α Aurigae.	28,1	2	„ 3	73
	25,2	3	1862 „ 2	36
	23,4	5	„ 15	51
	25,6	4	„ 16	44
α Geminorum.	15,8	3	„ 2	43
	15,8	3	„ 15	51
	14,4	4	„ 16	50
β Geminorum.	27,4	3	„ 2	39
	24,5	3	„ 15	46
	24,5	4	„ 16	45
Mars.	39,6	1	„ 11	44
α Canis min.	21,2	3	„ 15	38
Saturn.	33,1	2	1865 April 12	27
	32,8	2	„ 20	21
	34,2	1	„ 21	18
	30,9	2	„ 23	25
α Virginis.	15,5	2	„ 12	26
	15,8	2	„ 20	21
	15,2	2	„ 21	19
	16,6	1	„ 23	25
α Bootis.	31,7	2	„ 12	52
	31,3	2	„ 20	41
	32,0	2	„ 23	48
	28,4	1	1866 Juni 4	56

Name des Sternes.	Einstellung des Colorimeters.	Zahl der Einstellungen.	Datum.	Höhe.
δ Cygni.	28°,4	1	1860 Sept. 27	80°
α Ursae min.	21,6	3	1868 Jan. 15	51
	22,3	3	„ 17	
	22,3	4	„ 21	
	23,0	3	„ 31	
	20,2	2	Febr. 9	
	21,0	3	„ 18	
	24,1	3	März 14	
β Ursae min.	32,8	3	Jan. 15	36
	29,9	3	„ 17	36
	33,1	4	„ 21	37
	34,2	3	„ 31	46
	33,1	2	Febr. 9	48
ε Ursae maj.	14,8	3	Jan. 21	35
ζ Ursae maj.	11,5	3	„ 21	33
η Ursae maj.	11,5	5	„ 21	26
Jupiter.	27,7	2	„ 25	15
Venus.	28,4	3	Febr. 2	13
	29,5	1	„ 4	11
	27,4	3	„ 7	17
	26,6	5	„ 9	15
	27,7	3	März 15	22
γ Cassiopeae.	19,8	3	„ 14	23
	20,0*	3	„ 14	23
α Canis maj.	17,3	3	„ 16	19
	16,7*	3	„ 16	17
β Orionis.	18,7	3	„ 16	17
ϱ Persei.	36,3*	3	„ 26	32

Die folgende Tafel enthält eine nach der Farbe geordnete Zusammenstellung der vorhergehenden Beobachtungen. Die unter „Color“ angegebenen Grössen sind Mittelwerthe und zwar sind überall dort, wo der betreffende Stern an mehr als zwei verschiedenen Tagen beobachtet wurde, auch die wahrscheinlichen Fehler angesetzt. Obschon ich die Anzahl der

auf ein und denselben Stern fallenden Beobachtungen bis jetzt für noch zu gering halte, um an diese Werthe eine Discussion über eine etwaige Farbenveränderung des betreffenden Sternes zu knüpfen, so habe ich doch, als Anhaltepunkt für eine solche Discussion, unter der Bezeichnung „Differenz der Extreme" die Unterschiede der grössten und kleinsten Werthe der colorimetrischen Einstellungen angeführt. Diese Unterschiede sind in der That bei den drei Sternen γ Aquilae, $\varkappa$ Persei und α Orionis so beträchtlich und von den anderen Differenzen so stark abweichend, dass hier die Annahme einer Farbenveränderung als gerechtfertigt erscheinen dürfte. Von α Orionis ist übrigens bereits auf doppelte Weise die Existenz einer Farbenveränderung constatirt, einerseits mit Hülfe der Spectralanalyse von Huggins und Miller durch den Nachweis eines zeitweisen Auftretens und Verschwindens gewisser Liniengruppen im Spectrum dieses Sterns, andererseits durch sorgfältige und lange fortgesetzte Schätzungen von Baxendell.

Huggins und Miller bemerken bezüglich einer Vergleichung der Resultate von Baxendell mit ihren eigenen Folgendes:

„The variation in colour, so well described by Mr. Baxendell, corresponds exactly to the change in the colour of the star, which would be produced by the absence or presence of the group of lines of which we are speaking, since the position of this group in the spectrum is about the boundary of the „orange" towards „yellow"."[1])

Nach der Farbe geordnete Zusammenstellung der beobachteten Sterne.

No.	Name des Sternes.	Color.	Wahrscheinl. Fehler.	Differenz der Extreme.	Zahl der Beob.-Tage.	Grösse nach Argelander.
1.	ζ Ursae maj.	11°,5			1	2
2.	η Ursae min.	11,5			1	2
3.	α Lyrae.	12,2	0°,7	5°,8	6	1
4.	ε Ursae maj.	14,8			1	2
5.	β Persei.	15,1		5,7	2	var.
6.	α Geminorum.	15,3	0,3	1,4	3	2.1
7.	α Virginis.	15,8	0,2	1,4	4	1

[1]) *Monthly Notices R. A. S. Vol. XXVI., p. 215, 1866. No. 5.*

No.	Name des Sternes.	Color.	Wahrscheinl. Fehler.	Differenz der Extreme.	Zahl der Beob.-Tage.	Grösse nach Argelander.
8.	α Canis maj.	17°,0			1	1
9.	α Cygni.	17,5	0°,6	6°,2	6	2.1
10.	α Aquilae.	18,5	0,6	5,0	5	1.2
11.	β Orionis.	18,7			1	1
12.	α Cephei.	19,8			1	3.2
13.	γ Cassiopeae.	19,9			1	2
14.	γ Orionis.	20,9			1	2
15.	α Canis min.	21,2			1	1
16.	δ Draconis.	21,6			1	3
17.	α Ursae min.	22,1	0,3	3,9	7	2
18.	β Geminorum.	25,5	0,7	2,9	3	2.1
19.	α Aurigae.	25,6	0,7	4,7	4	1
20.	υ Persei.	25,9			1	4.3
21.	Jupiter	27,7			1	
22.	Venus.	27,9	0,3	2,9	5	
23.	σ^1 Cygni.	28,1			1	4
24.	δ Cygni.	28,4			1	3
25.	α Cassiopeae.	29,5	0,7	4,8	5	var.
26.	σ^2 Cygni.	29,9			1	4.5
27.	ε Cygni.	30,0	1,2	5,4	3	3.2
28.	α Bootis.	30,8	0,6	3,6	4	1
29.	β Ursae min.	32,6	0,5	4,3	5	2
30.	Saturn.	32,7	0,5	3,3	4	
31.	γ Draconis.	35,5		1,8	2	2.3
32.	ϱ Persei.	36,3			1	4
33.	γ Aquilae.	37,4	1,6	11,2	5	3
34.	α Tauri.	37,8	1,7	8,6	3	1
35.	Mars.	39,6			1	
36.	$\varkappa$ Persei.	39,9		17,4	2	4.5
37.	α Orionis.	41,6	2,0	19,1	6	1

Sobald die Zahl der in angegebener Weise colorimetrisch bestimmten Fixsterne eine hinreichend grosse ist, wird es von Interesse sein, diese Werthe mit den von P. Secchi festgestellten, spectralanalytischen Typen zu vergleichen. Da diese Typen an gewisse Farben der Sterne geknüpft sind, so liegt die Vermuthung nahe, dass ein jeder der drei Secchi'schen Typen durch bestimmte Werthe der colorimetrischen Einstellung charakterisirt und begrenzt sein wird.

Leipzig, im April 1868.

Einige Sätze aus der theoretischen Photometrie.

(Poggendorff's Annalen Bd. 128, Januar 1866.)

1.

Die theoretische Bestimmung der Lichtmengen, welche von den verschiedenen Phasen einer aus grosser Entfernung beleuchteten Kugel ausgesandt werden, ist mehrfach der Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, von denen ich hier nur diejenigen von Kies[1]), Euler[2]), Smith[3]), Bouguer[4]), Lambert[5]), Michell[6]) und J. Herschel[7]) erwähne.

Das Interesse, welches sich an diese Untersuchungen knüpfte, war zunächst ein astronomisches, indem theils der Mond, theils die unteren Planeten in ihrer verschiedenen Stellung zur Sonne und Erde einen periodischen Lichtwechsel zeigen, welcher, abgesehen von dem gleichzeitigen Wechsel der Entfernungen, lediglich durch die verschiedene Phasengrösse des beleuchteten Himmelskörpers bedingt sein musste.

Der bisherige Mangel an geeigneten Photometern verhinderte indessen die Vergleichung jener theoretischen Resultate mit denen der Beobachtung, so dass eigentlich nie die

---

[1]) Kies, *Mémoires de l'Académie de Berlin 1750, p. 223.*

[2]) Euler, *Ibid. p. 298.*

[3]) Smith, Optik, übersetzt von Kaestner, Altenburg 1755, S. 382 bis 386.

[4]) Bouguer, *Traité d'optique 1760 Livre II. Sect. IV. Art. IV.*

[5]) Lambert, *Photometria, sive de mensura et gradibus luminis colorum et umbrae. Augsburg 1760. §§. 1040—1060.*

[6]) Michell, *Phil. Transact. 1829. Vol. CXIX, p. 20.* Anmerk.

[7]) J. Herschel, *Results of astronomical observations made during the years 1834—1838 at the Cape of Good Hope. London 1847, p. 356.* Anmerk.

Richtigkeit der den verschiedenen Theorien zu Grunde liegenden Principien hat empirisch geprüft werden können.

In einer vor Kurzem von mir veröffentlichten Schrift[1]) habe ich unter Anderem die Construction eines Photometers mitgetheilt, mit dessen Hülfe es mir gelungen ist, im Laufe der letzten drei Jahre sowohl das Helligkeitsverhältniss des Mondes und sämmtlicher Planeten zur Sonne als auch die verschiedene Lichtstärke der Phasen jener Himmelskörper photometrisch zu bestimmen. Es ergaben sich hierbei für die Phasen des Mondes so beträchtliche Abweichungen von den bisher als gültig angenommenen Resultaten der Theorie, dass nothwendig die Voraussetzungen, welche diesen Berechnungen zu Grunde liegen, unrichtige sein müssen.

Die Voraussetzungen, welche Lambert bei Entwickelung seiner Formel machte, waren im Wesentlichen die drei folgenden:

1) Die Gestalt des Mondes ist eine Kugel.
2) Die Oberfläche des Mondes ist homogen.
3) Auf jedes Element der Mondoberfläche ist das photometrische Grundgesetz anwendbar.

Nach den Untersuchungen Hansen's[2]) und Gussew's[3]) ist aber die Gestalt des Mondes keine Kugel, sondern ein mit seiner grossen Axe der Erde zugewandtes Ellipsoïd von geringer Excentricität.

---

[1]) Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipzig 1865.

[2]) *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Vol XV, 1854. Nov. 10.*

[3]) *Bulletin de l'Académie de St. Petersbourg 1859. T. I, p. 276—300.* Die Resultate von Hansen's theoretischen Untersuchungen verlangen nur die Annahme einer Nichtcoïncidenz des Schwerpunktes und des Centrums der als Kugel betrachteten Mondoberfläche. Dieser Bedingung kann aber auf doppelte Weise genügt werden; entweder dadurch, dass der Mond, bei gleichförmiger Dichte, in einer der Verbindungslinie mit der Erde parallelen Richtung von der Kugelgestalt abweicht, oder, dass bei vorhandener Kugelgestalt die Dichtigkeit eine ungleiche sei. Hansen entscheidet sich a. a. O. für den letzten Fall, wogegen Gussew, sowohl aus dem Effect einer von Warren de la Rue mit Benutzung der Libration angefertigten Mondstereoskopie, als auch durch sehr sorgfältige Messungen an diesem Objecte, sich für die erste Annahme erklärt. Er findet

Die zweite Voraussetzung entfernt sich offenbar am meisten von der Wirklichkeit und zwar in doppelter Weise: einmal durch die Anwesenheit der Flecken auf dem Monde, und dann durch die zahlreichen und bedeutenden Erhebungen auf seiner Oberfläche.

Aus Gründen, welche in meiner grösseren Schrift ausführlich entwickelt sind (a. a. O. S. 112 ff.), nahm ich die letzte der drei Voraussetzungen als zulässig an und untersuchte den Einfluss, welchen sowohl die ellipsoïdale Gestalt des Mondes als auch die bergige Beschaffenheit seiner Oberfläche auf die Lichtmengen ausübt, die von den verschiedenen Mondphasen zur Erde gesandt werden.

Bei diesen Untersuchungen bin ich auf einige neue Lehrsätze des photometrischen Calcüles geführt worden, welche, wie ich glaube, auch unabhängig von dem Ziel der erwähnten Untersuchungen ein mathematisch-physikalisches Interesse beanspruchen dürften, und die ich mir deshalb erlaube, hier in etwas allgemeinerer Form mitzutheilen.

2.

Mit dem Worte „Intensität“ oder „Leuchtkraft“ soll im Folgenden stets eine Zahl bezeichnet werden, welche die von der Flächeneinheit ausgesandte Lichtmenge eines selbstleuchtenden oder beleuchteten Körpers als Vielfaches einer bestimmten, als Einheit angenommenen, Lichtmenge ausdrückt.

Unter der Voraussetzung, dass auf die hier betrachteten Körper, sowohl leuchtende als beleuchtete, die Principien des Lambert'schen Calcüles[1]) anwendbar sind, seien dp und dp' zwei im Raume beliebig gelegene Flächenelemente, von denen das erste mit der Intensität J als leuchtend, das zweite als von dem ersten beleuchtet vorausgesetzt wird.

a. a. O. dass „die allgemeine Gestalt der Mondoberfläche in dem mittleren Theile der uns zugekehrten Hälfte als eine Kugel zu betrachten sei von einem kleineren Radius als der, welcher dem sichtbaren Rande angehört.“ Betrachtet man die hierdurch entstehende Figur annähernd als ein Ellipsoïd, so beträgt die Excentricität desselben nach Gussew 0,07, nach Hansen (bei Annahme einer gleichförmigen Dichte) 0,03.

[1]) Vergl. Lambert Photometria. — Beer, Grundriss des photometrischen Calcüles, Braunschweig 1854.

Bezeichnet man den Abstand der beiden Elemente mit r und die Winkel, welche ihre Normalen mit ihrer Verbindungslinie machen, beziehungsweise mit ε und ε', so wird die Lichtmenge, welche von dem leuchtenden Elemente dp auf das nicht leuchtende dp' übergeht, nach Lambert's Calcül ausgedrückt durch:

$$\frac{J\,dp\,dp'\cos\varepsilon\cos\varepsilon'}{r^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Aus diesem photometrischen Grundgesetze Lambert's ergeben sich analytisch einige Sätze, welche im Folgenden mehrfache Anwendung finden, rücksichtlich deren Ableitung ich jedoch auf Lambert's Photometria oder Beer's Grundriss des photometrischen Calcüles verweise.

Zunächst ergiebt sich aus dem angeführten Grundgesetze der folgende Satz:

Wird ein Flächenelement aus grosser Entfernung von einer überall mit gleicher Intensität leuchtenden Kugel bestrahlt, so bleibt die Erleuchtung jenes Elementes dieselbe, wenn man die Kugel durch eine gleich intensiv leuchtende, sphärische Kreisfläche ersetzt, deren scheinbarer Durchmesser, vom Element aus betrachtet, mit dem der Kugel übereinstimmt und deren Mittelpunkt auf der Verbindungslinie des Elementes mit dem Kugelcentrum liegt.

Sowohl bei diesem als auch bei allen folgenden Sätzen werden die Entfernungen der sich Licht zusendenden Körper so gross vorausgesetzt, dass die Dimensionen dieser Körper gegen ihre Entfernungen zu vernachlässigen sind.

Unter dieser Voraussetzung sei eine mit der Intensität J leuchtende Kugel und ein von dieser beleuchtetes Flächenelement dp' gegeben. Bezeichnet ζ den Winkel zwischen der Normalen jenes Elementes und seiner Verbindungslinie mit dem Kugelcentrum, ferner η den scheinbaren Halbmesser der vom Elemente dp' aus gesehenen Kugel, so wird die Lichtmenge dq, welche von der Kugel auf das Element dp' übergeht, ausgedrückt[1]) durch:

[1]) Lambert, Photometria §. 135. — Beer, phot. Calc. S. 33.

$$dq = J\pi \sin^2\eta \cos\zeta \, dp' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Substituirt man nach dem oben angeführten Satze für die Kugel eine sphärische Kreisfläche und setzt

$$\zeta = 0$$

$$\eta = \frac{\pi}{2}$$

so erhält man aus dieser Formel (2) für die Lichtmenge dq, welche von der ganzen, über dem Element dp' gewölbten und überall mit der gleichen Intensität J strahlenden Hemisphäre auf jenes Element übergeht, den Ausdruck:

$$dq = J\pi dp' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Das beleuchtete Element dp' denken wir uns von solcher Beschaffenheit, dass es das empfangene Licht zerstreut nach allen Richtungen, gemäss dem Lambert'schen Emissionsgesetze[1]), aussendet.

Da dieses Gesetz beim Lambert'schen Calcül sowohl für beleuchtete als auch für selbstleuchtende Körper als gleich vorausgesetzt wird, so kann man sich jederzeit das beleuchtete Element, bezüglich der von ihm ausgestrahlten Lichtmenge, durch ein, mit einer gewissen Intensität J', selbstleuchtendes Element ersetzt denken.

Es reflectirt indessen kein Körper die gesammte auf ihn fallende Lichtmenge, sondern stets nur einen Theil derselben. Daher wird auch nicht die ganze, nach der obigen Formel auf das Element dp' übergehende Lichtmenge dq ausgesandt werden, sondern nur die Lichtmenge $\mu \, dq$, wo μ einen ächten Bruch darstellt, der die sogenannte „Albedo" oder „lichtreflectirende Kraft" des beleuchteten Körpers bestimmt.

Mit Rücksicht hierauf zeigt der „Lambert'sche Calcül"[2]), dass man jedes Element, auf welches von einem leuchtenden Körper die Lichtmenge dq übergegangen ist, durch ein gleich-

---

[1]) In wie weit die Anwendbarkeit dieses Gesetzes auf physische Körper zulässig ist, habe ich im ersten Theile meiner oben citirten Schrift, bei einer Kritik des Lambert'schen und Bouguer'schen Calcüles, untersucht.

[2]) Lambert, Photom. §. 133 ff. — Beer, phot. Calc. S. 28 ff.

grosses, selbstleuchtendes Element dp ersetzen kann, dessen Intensität oder Leuchtkraft J' ausgedrückt wird durch:

$$J' = \frac{\mu\, dq}{\pi\, dp} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

3.

Die vorstehend angeführten Sätze reichen für unsere ferneren Untersuchungen aus. Es soll mit ihrer Hülfe zunächst der folgende Satz bewiesen werden:

Sind drei beliebig grosse Kugeln gegeben, von denen zwei durch die dritte beleuchtet werden, so bleibt die zwischen den ersteren übergehende Lichtmenge dieselbe, wenn man die beiden Kugeln durch zwei Kreiscylinder ersetzt, deren Axen normal zu der durch die drei Körper gelegten Ebene stehen, deren Basisdurchmesser mit dem Durchmesser der entsprechenden Kugeln übereinstimmen und deren Höhen sich zu den Durchmessern ihrer Grundflächen wie zwei zu drei verhalten.

Die Entfernungen der drei Körper werden hierbei so gross vorausgesetzt, dass man die Abstände ihrer Mittelpunkte für die Abstände der einzelnen Punkte ihrer Oberflächen setzen darf.

Unter dieser Voraussetzung seien zunächst A, B, C drei Kugeln und zwar sei A selbstleuchtend, dagegen B und C von A beleuchtet.

Es bezeichne ferner:

D den Abstand der beleuchteten Kugeln A und B

μ die Albedo der Kugeln B

η den scheinbaren Halbmesser der von B aus betrachteten Kugel A

v den Winkel ABP.

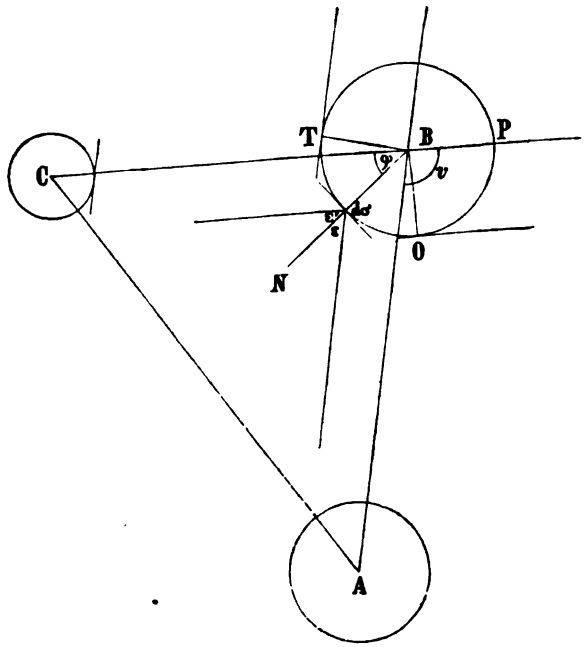
Alsdann ergiebt sich nach dem Lambert'schen Calcül[1]) für die Lichtmenge q, welche von der Kugel B auf die senk-

[1]) Lambert, Photometria §. 1047. — Beer, phot. Calc. S. 68.

recht zur Richtung BC gelegene Flächeneinheit der Kugel C übergeht, der folgende Ausdruck:

$$q = \tfrac{1}{3} \cdot \frac{\mu J r^3 \sin^3 \eta}{D^2} \left(\sin v - v \cos v \right) \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Um die von der Kugel C auf B übergehende Lichtmenge zu erhalten, braucht man in diesem Ausdruck offenbar nur für μ, r, η, v die der Kugel C entsprechenden Grössen zu substituiren.



Es soll nun gezeigt werden, dass diese Lichtmenge dieselbe bleibt, wenn man unter den oben angegebenen Bedingungen die beiden Kugeln B und C durch zwei Cylinder ersetzt.

Zu diesem Zwecke mögen jetzt die um B und C beschriebenen Kreise die Grundrisse der beiden Kreiscylinder vorstellen, deren Axen senkrecht zu der durch die früher

betrachteten Kugeln gelegten Ebene stehen. Diese Ebene sei durch die des Papiers dargestellt.

Um nun die Lichtmenge zu bestimmen, welche von der durch A beleuchteten Cylinderfläche B auf die senkrecht bestrahlte Flächeneinheit des Cylinders C übergeht, mögen die Werthe D, μ, v, η dieselben bleiben, wie vorher bei Betrachtung der Kugel. Es bezeichne ferner:

$d\sigma$ ein beliebiges Cylinderelement mit der Normalen N,
φ den Winkel derselben mit der Richtung BC,
ε den Incidenzwinkel der von A auf das Element fallenden Strahlen,
ε' den Emanationswinkel der vom Element nach der Richtung BC ausgesandten Strahlen,
r den Halbmesser der Cylinderbasis, welcher gleich dem Halbmesser der früher betrachteten Kugel ist,
h die Höhe des Cylinders.

Nach der über die Entfernungen und Dimensionen der drei Körper gemachten Annahme werden die hier in Betracht kommenden Strahlensysteme als parallel vorausgesetzt.

Wir bestimmen zunächst die Lichtmenge dq', welche von der leuchtenden Kugel A auf das Cylinderelement $d\sigma$ übergeht. Durch Einführung der entsprechenden Grössen erhält man hierfür nach Formel (2)

$$dq' = J\pi \sin^2\eta \cos\varepsilon\, d\sigma \quad \ldots\ldots \quad (6),$$

worin J die überall als gleich angenommene Leuchtkraft oder Intensität der Kugel A bezeichnet.

Um nun die Lichtmenge dq auszudrücken, welche von diesem beleuchteten Elemente auf die senkrecht zur Richtung BC gelegene Flächeneinheit des Cylinders c übergeht, verwandeln wir jenes Element zunächst in ein selbstleuchtendes, dessen Leuchtkraft J' durch die Formel (4) bestimmt ist. Substituirt man hierin für dq den oben in (5) für dq' gefundenen Werth und setzt $d\sigma = dp$, so erhält man:

$$J' = \mu J \sin^2\eta \cos\varepsilon$$

folglich, mit Rücksicht auf Formel (1):

$$dq = \frac{\mu J \sin^2\eta}{D^2} \cdot \cos\varepsilon \cos\varepsilon' \, d\sigma \quad \ldots\ldots \quad (7).$$

Der von C aus gesehene und beleuchtete Theil des Cylinders B liegt nun zwischen den Berührungslinien zweier Tangentialebenen, welche parallel den Richtungen BA und BC an den Cylinder B gelegt sind. Sind die Projectionen dieser Berührungslinien durch T und O dargestellt, so muss der oben für dq gefundene Ausdruck über diesen Raum $TO = v$ integrirt werden, um die Lichtmenge zu erhalten, welche von der beleuchteten Cylinderfläche auf die senkrecht zu BC gelegene Flächeneinheit des Cylinders C übergeht. Man hat also:

$$q = \frac{\mu J \sin^2\eta}{D^2} \int_{\frac{1}{2}\pi - v}^{\frac{1}{2}\pi} \cos\varepsilon \cos\varepsilon' \, d\sigma \quad . \quad . \quad . \quad (8).$$

Mit Rücksicht auf die oben eingeführten Bezeichnungen ist aber:

$$d\sigma = hr\,d\varphi$$
$$\varepsilon = \pi - (v + \varphi)$$
$$\varepsilon' = \varphi.$$

Die Substitution dieser Werthe in dem obigen Ausdruck (8) giebt:

$$q = \frac{\mu J hr \sin^2\eta}{D^2} \int_{\frac{1}{2}\pi}^{\frac{1}{2}\pi - v} d\varphi \cos\varphi \cos(v + \varphi) \quad . \quad . \quad . \quad (9),$$

oder nach Ausführung der Integration:

$$q = \frac{\mu J hr \sin^2\eta}{2D^2} (\sin v - v \cos v) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

Macht man hierin die Höhe des Cylinders gleich $^2/_3$ des Durchmessers seiner Basis, d. h. setzt man

$$h = \frac{4r}{3},$$

so wird der Ausdruck (10) identisch mit der oben von Lambert für die Kugel angegebenen Formel (5), was zu beweisen war.

4.

Es soll nun ferner der folgende Satz bewiesen werden:

Wird die Oberfläche eines geraden Kreiscylinders, dessen Höhe gleich dem Durchmesser seiner Basis ist, einer zur Axe senkrechten Strahlung ausgesetzt, so sendet die hierdurch erleuch-

tete Cylinderfläche auf ein zur Strahlenrichtung senkrecht und sehr entfernt gelegenes Flächenelement dieselbe Lichtmenge, wie die in derselben Entfernung senkrecht bestrahlte Basis des Cylinders.

Zum Beweise dieses Satzes ersetzen wir die bisher betrachtete Flächeneinheit des Cylinders c durch ein Flächenelement $d\gamma$, welches zwischen der leuchtenden Kugel A und dem von dieser beleuchteten Cylinder B, senkrecht zur Verbindungslinie AB dieser beiden Körper liegt. Die Entfernungen der Kugel, des Cylinders und des Flächenelementes $d\gamma$ werden nach dem Obigen so gross angenommen, dass die zwischen diesen stattfindende Bestrahlung als eine parallele betrachtet werden kann.

Man erhält nun leicht aus Formel (10) die Lichtmenge, welche unter den angenommenen Bedingungen von der Cylinderfläche B auf $d\gamma$ in der Entfernung D übergeht. Dem zu beweisenden Satze gemäss sind hierzu nur folgende Substitutionen erforderlich:

$$h = 2r$$
$$v = \pi,$$

so dass die gesuchte Lichtmenge dq sich ausdrücken lässt durch:

$$dq = \frac{\mu J r^2 \pi \sin^2 \eta}{D^2} d\gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Einem in $d\gamma$ befindlichen Auge würde bei den gemachten Voraussetzungen die Cylinderfläche als ein beleuchtetes Quadrat erscheinen, dessen Helligkeit nach Maassgabe des Incidenzwinkels der auffallenden Strahlen an verschiedenen Stellen eine verschiedene ist. Es soll nun gezeigt werden, dass die von diesem Quadrate ausgestrahlte Lichtmenge dieselbe bleibt, wenn man dem Cylinder eine solche Lage giebt, dass seine ebene kreisförmige Basis einer senkrechten Bestrahlung ausgesetzt ist und daher ein in $d\gamma$ befindliches Auge an Stelle des früheren, ungleichförmig erleuchteten Quadrates, eine gleichförmig beleuchtete Kreisscheibe sieht.

Bezeichnet $d\psi$ ein Flächenelement der Cylinderbasis, so wird nach Formel (2) die Lichtmenge dq', welche von der

senkrecht über jenem Elemente befindlichen Kugel A übergeht, ausgedrückt durch:

$$dq' = J\pi \sin^2\eta\, d\psi.$$

Um die hierdurch auf $d\gamma$ erzeugte Erleuchtung zu bestimmen, ersetzen wir wieder das erleuchtete Element $d\psi$ durch ein selbstleuchtendes, für dessen Intensität J' sich nach Formel (4) mit Berücksichtigung des obigen Werthes für dq' ergiebt:

$$J' = \mu J \sin^2\eta.$$

Folglich ist die von $d\psi$ auf $d\gamma$ in der Entfernung D übergehende Lichtmenge dq'':

$$dq'' = \frac{\mu J \sin^2\eta}{D^2}\, d\gamma\, d\psi$$

und demnach die von der ganzen Cylinderbasis auf $d\gamma$ übergehende Lichtmenge dq:

$$dq = \frac{\mu J \sin^2\eta}{D^2}\, d\gamma \int d\psi$$

oder, da:

$$\int d\psi = r^2\pi$$

$$dq = \frac{\mu J r^2 \pi \sin^2\eta}{D^2}\, d\gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12).$$

Dieser Ausdruck ist, wie man sieht, mit dem in (11) gefundenen identisch, woraus folgt, dass die dort betrachtete Cylinderfläche dieselbe Lichtmenge auf $d\gamma$ sendet, wie die ebene Fläche der senkrecht zur Strahlung gelegenen Basis des Cylinders, was zu beweisen war.

Ersetzt man die oben betrachteten Kreiscylinder unter übrigens gleichen Umständen durch zwei Cylinder mit elliptischen Grundflächen, deren grosse Axen in die Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte fallen, so unterscheidet sich der unter dieser Bedingung erhaltene Ausdruck von dem für Kreiscylinder erhaltenen nur durch Glieder, welche von höheren Potenzen der Excentricität der elliptischen Basis abhängen.

Der Beweis dieses Satzes würde hier zu weit führen; ich erlaube mir daher bezüglich desselben auf meine ausführliche Schrift (Seite 43 bis 49) zu verweisen. Es ist dort ebenfalls

gezeigt worden, wie man mit Rücksicht auf jenen Satz zu dem Schlusse berechtigt sei, dass die geringe, ellipsoïdale Abweichung des Mondes von der Kugelgestalt keinen merklichen Einfluss auf die photometrisch bestimmbaren Lichtmengen seiner Phasen äussern könne.

5.

Um nun auch den Einfluss der bergigen Beschaffenheit der Mondoberfläche auf die Lichtstärke seiner Phasen der Rechnung zu unterwerfen, bin ich von folgenden Betrachtungen ausgegangen.

Ist auf der Mondoberfläche ein beliebig gelegener Gebirgszug gegeben, so ist offenbar die Lage desselben für die Grösse seines Schattenwurfes nicht gleichgültig. Vielmehr wird bei einem senkrecht zur Strahlenrichtung gelegenen Bergzuge der Schattenwurf sein Maximum, bei einem parallel derselben gelegenen sein Minimum erreichen. Insofern man also zunächst nur den Einfluss dieses Schattenwurfes berücksichtigt, kann man stets die Grösse des Schattens eines beliebig gelegenen Gebirgszuges durch den Schatten eines andern, senkrecht zur Bestrahlung gelegenen ersetzen, so dass an Stelle der unregelmässigen Vertheilung von Bergen eine regelmässige substituirt werden kann, dergestalt, dass continuirliche Bergzüge von gleicher Höhe parallel den Meridianen die Mondoberfläche bedecken. Hierbei wird vorausgesetzt, dass die Mondaxe normal zu der durch Sonne, Mond und Erde gelegten Ebene steht.

Die weitere Beschaffenheit der Höhenzüge kann man dadurch für die Berechnung vereinfachen, dass man dieselben als aus zwei, unter einem bestimmten Winkel zusammenstossende Flächen bestehend annimmt, so dass hierdurch die Mondoberfläche eine Art, parallel den Meridianen gerichteter, Cannelirung erhält.

Mit Hülfe dieser vereinfachenden Annahmen versuchte ich nun eine Formel für die von verschiedenen Phasen einer solchen Kugel reflectirten Lichtmengen abzuleiten, gelangte jedoch hierbei zu so complicirten Ausdrücken, dass ich von jeder weiteren Untersuchung auf der angegebenen Basis Abstand nehmen musste.

Auch unter der Annahme, dass sich an Stelle der vorausgesetzten Gebirgszüge einfach nur unendlich dünne Wände in gleichem Abstande befänden, sind die Integrale, auf welche man schliesslich kommt, doch noch viel zu verwickelt, als dass man hoffen dürfte, auch nur einen einigermaassen bequemen und übersichtlichen Ausdruck zu erhalten.

Die Ursache, weshalb sich trotz aller dieser Vereinfachungen die Ausdrücke doch schliesslich so stark complicirten, lag wesentlich in der sphärischen Gestalt des betrachteten Körpers. Indem ich nun untersuchte, ob sich an Stelle der Kugel nicht ein anderer Körper von einfacherer Gestalt substituiren lasse, welcher dasselbe oder doch ein ähnliches Erleuchtungsgesetz durch seine Phasen zeigte, wurde ich auf den bereits oben hervorgehobenen Satz von der Uebereinstimmung dieses Gesetzes bei Kugel und Cylinder geführt.

Es fragt sich nun, ob jene Uebereinstimmung noch fortbesteht, wenn die Oberflächen der besagten Körper nicht mehr homogen, sondern eine Beschaffenheit von der soeben besprochenen Art besitzen.

Streng genommen wird man diese Frage ohne vorhergegangene Untersuchung im Allgemeinen verneinen müssen.

Mit Rücksicht auf den vorliegenden Gegenstand gestaltet sich jedoch dieselbe einfacher.

Abgesehen von den dunklen und unregelmässig vertheilten Flecken auf der Mondoberfläche, ist auch die Vertheilung der Berge eine sehr unregelmässige. Von beiden Umständen muss aber, der Natur der Sache gemäss, bei einer theoretischen Untersuchung des Einflusses schattenwerfender Objecte — um den es sich hier lediglich handelt — abgesehen werden.

Indem man nun den Einfluss zu ermitteln sucht, welchen eine regelmässige Vertheilung von schattenwerfenden Körpern auf das Phasenerleuchtungsgesetz eines Cylinders ausübt, kann man jederzeit auf der Kugel eine solche unregelmässige Vertheilung jener Körper annehmen, dass sowohl für den Cylinder mit regelmässiger als auch für die Kugel mit unregelmässiger Vertheilung von Erhebungen dasselbe Phasenerleuchtungsgesetz stattfindet.

Auf Grund dieser Betrachtung habe ich für die unregelmässig mit Bergen bedeckte Mondkugel einen regelmässig cannelirten Cylinder substituirt. Die befriedigende Uebereinstimmung der auf diese Weise entwickelten Theorie mit den Beobachtungen hat gezeigt, dass man zu den hier gemachten Voraussetzungen berechtigt war.

6.

Ist die Cannelirung eine scharfkantige, so dass die einzelnen Erhebungen lediglich aus zwei, unter einem bestimmten Winkel zusammenstossenden Ebenen bestehen, so nimmt der Ausdruck für die von einem solchen Cylinder auf die Flächeneinheit übergehende Lichtmenge folgende einfache Gestalt an:

$$q = \frac{\mu J h r \sin^2 \eta}{2 D^2} \left\{ \sin (v - \beta) - (v - \beta) \cos (v - \beta) \right\} \quad (13)$$

Hierbei wird vorausgesetzt, dass die Anzahl der Erhebungen eine sehr grosse ist und dass β den Winkel bezeichnet, um welchen die Seite einer Erhebung gegen ihre Basis geneigt ist. Dieser Winkel mag in der Folge Elevationswinkel heissen.

Berücksichtigt man auch die Anzahl der Erhebungen, so ergiebt sich zwar eine bei Weitem complicirtere Formel, die jedoch alsdann eine solche Allgemeinheit besitzt, dass sie gleichzeitig die Erleuchtung durch jeden beliebigen zu einer bestimmten Gattung gehörigen, prismatischen Körper ausdrückt. In Betreff dieser Formel und ihrer Entwickelung muss ich jedoch auf meine ausführliche Schrift (S. 54 bis 65) verweisen.

Aus der Vergleichung des obigen Ausdruckes (13) mit dem in (10) erhaltenen, ergiebt sich unmittelbar der folgende Satz:

Die Erleuchtung eines Körpers durch die Phase eines scharfkantig cannelirten Cylinders ist gleich der Erleuchtung durch einen homogenen Cylinder, welcher sich in einer, um den Elevationswinkel der Cannelirung verminderten Phase befindet.

Man kann nun aber, nach dem früher bewiesenen Satze, den homogenen Cylinder durch eine homogene Kugel ersetzen,

und, gemäss der über die Vertheilung und den Einfluss von Erhebungen angestellten Betrachtungen, für den regelmässig cannelirten Cylinder eine unregelmässig mit Erhebungen bedeckte Kugel substituiren. Mit Rücksicht hierauf ergiebt sich aus dem letzten Satze der folgende:

Die Erleuchtung eines Körpers durch die Phase einer mit nicht abgestumpften Erhebungen bedeckten Kugel ist gleich der Erleuchtung durch eine homogene Kugel, welche sich in einer um den mittleren Elevationswinkel jener Erhebungen verminderten Phase befindet.

In Wirklichkeit wird jedoch die hier vorausgesetzte Abwesenheit von Abstumpfungen nicht stattfinden, und es ist klar, dass der Einfluss der letzteren desto stärker hervortreten muss, je kleiner die Phase der beleuchteten Kugel ist.

In Betreff der hierdurch nothwendigen Verallgemeinerung der Formel (13) verweise ich auf meine ausführliche Schrift (S. 60 bis 69).

Bei Anwendung der entwickelten Theorie auf die Lichtstärke der Mondphasen hat sich gezeigt, dass, wenigstens bei abnehmendem Monde, für die Phasen von der Opposition bis in die Nähe der Quadraturen schon das erste Glied jener Formel genügt, um die Beobachtungen befriedigend darzustellen. Für den zunehmenden Mond findet die Uebereinstimmung nur bis zu einer Elongation von 110° statt, indem die bei kleineren Elongationen ausgesandten Lichtmengen bereits den Einfluss der vernachlässigten Abstumpfungen anzudeuten scheinen.

Dass übrigens die hier aufgestellten Sätze bezüglich ihrer Anwendung auf die Mondphasen nur als Annäherungen zu betrachten sind, und daher der empirisch bestimmten Constanten β in unserer Formel nur annähernd die Bedeutung des mittleren Elevationswinkels der Mondberge beizulegen ist, habe ich a. a. O. ausführlich erörtert.

Leipzig, im Januar 1866.

Resultate photometrischer Beobachtungen an Himmelskörpern.

(Poggendorff's Annalen. Bd. 128. Februar 1866.)

Die folgende Tabelle giebt zunächst eine Zusammenstellung der beobachteten mit den nach der früher[1]) entwickelten Theorie berechneten Lichtmengen verschiedener Mondphasen, wobei die Constante β in Formel (13) zu 52^0 angenommen ist. Die Lichtmenge des Vollmondes ist gleich 100 gesetzt, so dass demselben in der Tabelle, in welcher die Logarithmen der Lichtquantitäten aufgeführt sind, die Zahl 2 entspricht. Die Beobachtungen wurden nach zwei wesentlich von einander verschiedenen Methoden angestellt, welche ausführlich im dritten Theile meiner photometrischen Untersuchungen beschrieben sind.

Um zu zeigen, wie wenig die bisher für diese Lichtquantitäten zu Grunde gelegte Lambert'sche Theorie den Beobachtungen entspricht, sind die nach derselben berechneten Werthe ebenfalls mit aufgeführt. Unter v ist die entsprechende Elongation des Mondes angegeben, die wegen ihrer unbedeutenden Abweichung für den in der Formel mit v bezeichneten Phasenwinkel gesetzt ist. Alle Beobachtungen sind sowohl auf die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde, als auch mit Hülfe der Seidel'schen „Extinctionstafel"[2]) von dem Einfluss der atmosphärischen Absorption befreit.

Die Anwendbarkeit dieser Tafel hat sich sowohl bei den folgenden Beobachtungen, bei denen beiläufig die Zenith-

[1]) Vgl. oben S. 572.

[2]) Vgl. Seidel, Untersuchungen über die gegenseitigen Helligkeiten der Fixsterne erster Grösse etc. S. 43. München 1852.

distanzen zwischen 37° und 75° variiren, als auch bei allen übrigen meiner Beobachtungen auf das Schönste bewährt. Es ergiebt sich hieraus, dass meine Polarisationsphotometer für das Helligkeitsverhältniss zweier gleichfarbiger Lichtmengen durchschnittlich denselben Werth liefern, wie das Steinheil'sche Prismenphotometer.

Uebersicht der beobachteten und berechneten Lichtmengen verschiedener Mondphasen.

No.	Datum	v	Zahl der Beobachtungen	Log q berechnet nach Lambert	Log q berechnet nach Zöllner	Log q beobachtet	Rechnung-Beobachtung nach Lambert	Rechnung-Beobachtung nach Zöllner
	1863.							
1	Nov. 21	139°	(16)	1,9985	1,6284	1,6425	+ 0,3560	— 0,0141
2	Nov. 27	208	(8)	1,9518	1,7752	1,7559	+ 0,1959	+ 0,0193
3	Nov. 28	219	(16)	1,9774	1,6532	1,6201	+ 0,3573	+ 0,0331
4	Nov. 30	242	(16)	1,7700	1,3139	1,3096	+ 0,4604	+ 0,0043
	1864.							
5	März 19	140	(20)	1,9033	1,6405	1,6730	+ 0,2303	— 0,0325
6	März 20	152	(12)	1,9518	1,7752	1,7497	+ 0,2021	+ 0,0255
7	März 23	185	(14)	1,9984	1,9675	1,9405	+ 0,0579	+ 0,0270
8	Mai 20	172	(20)	1,9959	1,9465	1,9647	+ 0,0312	— 0,0182
9	Juni 19	179	(14)	1,9999	1,9939	1,9939	+ 0,0060	0,0000
10	Juni 20	193	(12)	1,9893	1,9096	1,9170	+ 0,0723	— 0,0074
11	Juni 21	207	(16)	1,9551	1,7853	1,7627	+ 0,1954	+ 0,0226
12	Juni 22	222	(12)	1,8936	1,6170	1,5809	+ 0,3127	+ 0,0361
13	Juni 24	249	(12)	1,7145	1,1818	1,1644	+ 0,5501	+ 0,0174
14	Juli 13	110	(18)	1,7060	1,1584	1,3075	+ 0,3985	— 0,1491
15	Juli 14	122	(22)	1,7987	1,3856	1,4330	+ 0,3657	— 0,0474
16	Juli 15	134	(24)	1,8728	1,5647	1,5575	+ 0,3153	+ 0,0072
17	Juli 16	147	(34)	1,9336	1,7235	1,6866	+ 0,2470	+ 0,0369
18	Juli 17	161	(24)	1,9774	1,8591	1,8351	+ 0,1423	+ 0,0240
19	Aug. 15	156	(12)	1,9644	1,8139	1,8536	+ 0,1108	— 0,0397
20	Sept. 13	153	(16)	1,9551	1,7848	1,8026	+ 0,1525	— 0,0178
21	Nov. 12	169	(12)	1,9923	1,9245	1,9482	+ 0,0441	— 0,0237
22	Nov. 17	132	(22)	1,8380	1,4414	1,4640	+ 0,3740	— 0,0226

Schliesst man die Beobachtung No. 14 aus, bei welcher sich wegen der Kleinheit von v schon das in unserer Formel vernachlässigte und S. 573 erwähnte zweite Glied bemerkbar macht, so ergiebt sich aus den vorstehenden Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung die wahrscheinliche Abweichung der an einem einzelnen Abend beobachteten Lichtmenge von der Theorie zu 4,4 Proc.

Berechnet man mit Rücksicht auf die erlangte Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung aus den Lichtmengen der einzelnen Phasen die Lichtmenge des Vollmondes, so ist man im Stande, mit Hülfe der angedeuteten Methoden, das Helligkeitsverhältniss zwischen Sonne und Vollmond zu bestimmen.

Ich gebe im Folgenden eine Zusammenstellung der Lichtverhältnisse der vorzüglichsten Körper unseres Planetensystems, wie ich solche aus meinen im Laufe der letzten drei Jahre angestellten Beobachtungen abgeleitet habe. Bei der Bestimmung des Helligkeitsverhältnisses zwischen Sonne und Vollmond sind zwei verschiedene Methoden angewandt; bei der ersten werden leuchtende Flächen, bei der zweiten leuchtende Punkte miteinander verglichen. Die Helligkeitsverhältnisse der Sonne zu den von ihr beleuchteten Körpern beziehen sich auf die sogenannte mittlere Opposition, d. h. auf diejenige Stellung der Erde und des Planeten zur Sonne, bei welcher sich erstere in gerader Linie zwischen Sonne und Planet und letzterer sowohl wie die Erde in ihrem mittleren Abstande von der Sonne befinden. Die wahrscheinlichen Fehler sind in Procenten der aufgeführten Lichtquantitäten angesetzt. Beim Saturn bezieht sich die Zahl auf die Epoche, in welcher sein Ring nicht sichtbar ist, also lediglich auf die Saturnskugel.

Ich habe den Saturn im Jahre 1862, als sein Ring in den Monaten Mai und August verschwunden war, vielfach photometrisch beobachtet. Später gelang es mir, mit Hülfe einer einfachen Theorie auch die Lichtmengen, welche dieser Planet bei verschiedenen Lagen seines Ringes aussendet, auf die von der Kugel allein ausgesandte Lichtmenge zu reduciren. Es bewährte sich die entwickelte Formel nicht nur bei den von mir angestellten Beobachtungen, sondern auch bei den, in den Jahren 1852, 1857 und 1858 von Seidel mit dem Steinheil'schen Prismenphotometer angestellten. Dies ist um so bemerkenswerther, als im Jahre 1857 der Ring seine grösste scheinbare Flächenausdehnung erlangt hatte.

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, dass die Lichtstärke des Saturn, so weit sie durch die verschiedene Lage seines

Ringes bedingt ist, im Maximum bis auf das 2,30fache der von der Kugel allein ausgesandten Lichtmenge steigen kann. (Vergl. Photom. Unters. S. 147 ff.)

In der folgenden Zusammenstellung sind die Lichtmengen der Venus und des Mercur nicht aufgeführt, da diese Planeten nicht in Opposition mit der Sonne kommen und zur Feststellung des Maximums ihrer Lichtstärke noch nicht Beobachtungen in genügender Anzahl vorhanden sind.

Uebersicht der Lichtverhältnisse des Planetensystems.

			Wahrsch. Fehler
$\frac{\text{Sonne}}{\text{Vollmond}}$ =	618 000	erste Methode	1,6 Proc.
	619 600	zweite Methode	2,7 „
$\frac{\text{Sonne}}{\text{Mars}}$ =	6 994	Millionen	5,8 „
$\frac{\text{Sonne}}{\text{Jupiter}}$ =	5 472	Millionen	5,7 „
$\frac{\text{Sonne}}{\text{Saturn}}$ =	130 980	Millionen	5,0 „
$\frac{\text{Sonne}}{\text{Uranus}}$ =	8 486	Billionen	6,0 „
$\frac{\text{Sonne}}{\text{Neptun}}$ =	79 620	Billionen	5,5 „

Die Helligkeitsverhältnisse der Planeten zur Sonne wurden in der Weise ermittelt, dass zunächst das Helligkeitsverhältniss eines bequem zu beobachtenden Fixsternes zur Sonne durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt und alsdann dieser Fixstern mit den Planeten verglichen wurde. Ich wählte hierzu den Stern erster Grösse Capella, im Sternbilde des Fuhrmanns, und fand:

$$\frac{\text{Sonne}}{\text{Capella}} = 55\,760 \text{ Millionen}$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler von etwa 5 Proc.

Berechnet man mit Hülfe dieses Werthes die Entfernung [1]), in welche die Sonne versetzt werden müsste, damit sie uns als Stern von der Helligkeit Capella's erscheine, so ergiebt sich eine Entfernung, welche das Licht in ungefähr 3,72 Jahre durchlaufen würde, entsprechend einer Parallaxe von 0″,874. Der von Peters durch Positionsbestimmungen gefundene

[1]) Unter der Voraussetzung, dass keine Absorption des Lichtes im Weltraum stattfinde.

Werth der Parallaxe von Capella beträgt nur $0''{,}046 \pm 0{,}200$ [1]). Hieraus würde folgen, dass Capella ein Stern ist, welcher eine beträchtlich grössere Lichtmenge als unsere Sonne aussendet, also letztere entweder an Grösse oder an Leuchtkraft bedeutend übertrifft.

Dagegen fanden Henderson und Maclear für den Doppelstern α Centauri die Parallaxe $0''{,}913 \pm 0{,}070$, also ungefähr übereinstimmend mit der oben photometrisch für Capella gefundenen. Mit Berücksichtigung der Helligkeit von α Centauri würde sich hieraus ergeben, dass die beiden Componenten dieses Doppelsterns zusammengenommen nicht viel mehr Licht aussenden als unsere Sonne allein.

Mit Hülfe der oben für Mond und Planeten gefundenen Zahlen und der bekannten Entfernung und Grösse der beleuchteten Himmelskörper ist man im Stande den Factor μ zu bestimmen, welcher in den theoretischen Ausdrücken für jene Lichtverhältnisse vorkommt. Derselbe giebt das Verhältniss der senkrecht auf die Flächeneinheit gefallenen zu der von dieser reflectirten Lichtmenge an, und wird deshalb von Lambert als „Albedo" oder „lichtreflectirende Kraft" eines Stoffes bezeichnet.

Da bei den folgenden Zahlen von der ungleichen Helligkeit verschiedener Theile der Planetenoberflächen abgesehen wird, so ist hierunter nur die mittlere Albedo zu verstehen. In Betreff der Unterscheidung zwischen „wahrer" und „scheinbarer" Albedo muss ich auf meine photometrischen Untersuchungen S. 156 bis 158 verweisen. Für den Mond ist die wahre Albedo, für die Planeten nur die scheinbare angeführt. Bei den beigesetzten wahrscheinlichen Fehlern ist die Unsicherheit in der Bestimmung der Planetendurchmesser bereits berücksichtigt.

---

[1]) *Recueil de Mémoires de Poulkowa, Vol. I, p. 136 (1853).*

Die lichtreflectirenden Kräfte des Mondes und der Planeten.

	μ	Wahrscheinl. Fehler
Mond	0,1736[1])	± 0,0035
Mars	0,2672	± 0,0155
Jupiter	0,6238	± 0,0355
Saturn	0,4981	± 0,0249
Uranus	0,6400	± 0,0544
Neptun	0,4648	± 0,0372

Da es für die Beurtheilung der physischen Beschaffenheit der Planetenoberflächen von Interesse ist, die unter ähnlichen Verhältnissen für irdische Stoffe erhaltenen Werthe zu kennen, so habe ich mit Hülfe derselben photometrischen Methoden eine Anzahl solcher Bestimmungen ausgeführt. Nach der oben gegebenen Definition der lichtreflectirenden Kraft eines Stoffes können diese Bestimmungen auch auf spiegelnde Substanzen ausgedehnt werden. Die hier folgenden Zahlen machen durchaus keinen grösseren Anspruch auf Genauigkeit, als die oben für die Planeten mitgetheilten Werthe.

Da nämlich die einzigen Bestimmungen dieser Art, wenigstens bezüglich zerstreut reflectirender Stoffe, diejenigen von Lambert (Photometria §. 747 bis 750) sind, und die Beobachtungsmethode desselben, abgesehen von sonstigen Unvollkommenheiten, mit einem constanten Fehler behaftet ist (vergl. photom. Untersuchungen, S. 246 ff.), so wurde ich veranlasst, diese Bestimmungen nach den von mir auf Himmelskörper angewandten Methoden zu wiederholen.

Die lichtreflectirenden Kräfte einiger irdischer Stoffe.

a. Mit zerstreuter Reflexion.

	μ
Frisch gefallener Schnee	0,783
Weisses Papier	0,700
Weisser Sandstein	0,237
Thonmergel	0,156
Quarz-Porphyr	0,108
Feuchte Ackererde	0,079
Dunkelgrauer Syenit	0,078

[1]) Der obige Werth ist die wahre mittlere Albedo des Mondes, die scheinbare Albedo ist $\mu = 0{,}1195$. Vgl. Näheres über die Definition

b. Mit spiegelnder Reflexion.

Quecksilber	0,648
Spiegelmetall	0,535
Glas	0,040
Obsidian	0,032
Wasser	0,021

Die vorstehend nur für die physiologisch wirksamen oder optischen Strahlen ermittelten Reflexionskräfte müssen nun noch durch weitere Untersuchungen auch für die thermischen und chemischen Strahlen festgestellt werden. Auf diese Weise wird der von Lambert nur für optische Strahlen eingeführte Begriff der Albedo erweitert. Wie die letztere im gewöhnlichen Sinne nur die besondere Art und Weise ausdrückt, in welcher ein Lichtstrahl nach Maassgabe seiner Brechbarkeit verschieden auf einen Nervenapparat unseres Körpers wirkt, so umfasst der in der obigen Weise verallgemeinerte Begriff der Farbe die uns bis jetzt erfahrungsmässig bekannten und von der Brechbarkeit eines Lichtstrahls abhängigen Wirkungen auf die Materie überhaupt. Man kann diesen erweiterten Begriff der Farbe eines Körpers der Kürze halber mit dem Namen „absolute Farbe“ bezeichnen. Dieselbe wird sich nach dem Vorhergehenden ausdrücken lassen durch drei Zahlen, von denen jede stets kleiner als Eins ist und das Reflexionsvermögen des betreffenden Körpers für die drei genannten Strahlengattungen bezeichnet.

Ein absolut weisser resp. grauer Körper würde demgemäss ein solcher sein, bei dem jene drei Zahlen gleich wären; durch die Grösse dieser Zahlenwerthe könnte alsdann conventionell die Grenze festgesetzt werden, über welche hinaus man einen Körper absolut weiss und unter welcher man ihn absolut grau nennen will.

Angenommen nun, man habe für eine sehr grosse Anzahl physikalisch und chemisch bekannter Stoffe in dem angedeuteten Sinne die absolute Farbe für auffallendes Sonnenlicht bestimmt, so wird man nach den bis jetzt im

---

dieser Begriffe für die Mondoberfläche in meiner Schrift: „Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper“ (Leipzig 1865) S. 162.

Gebiete der strahlenden Wärme und der Photographie gemachten Erfahrungen im Allgemeinen zu der Annahme berechtigt sein, dass die absolute Farbe eines Körpers abhängig von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit seiner Oberfläche sei, oder, dass zwei Körper mit physikalisch und chemisch verschiedenen Oberflächen auch eine verschiedene absolute Farbe haben müssen.

Ob diese Annahme ganz allgemein richtig sei, darüber kann selbstverständlich nur erst ein grosses und sorgfältig gesichtetes Beobachtungsmaterial entscheiden, so wie ein genaueres Studium der Gesetze, nach denen sich die absolute Farbe eines aus einem Gemenge bestehenden Körpers aus der absoluten Farbe seiner Bestandtheile bestimmen lässt.

Wenn man nun auch bis jetzt auf eine Bestimmung der thermischen Albedo bei Himmelskörpern verzichten muss, so haben doch die interessanten Versuche des amerikanischen Astronomen Bond[1]) gezeigt, dass die Vergleichung der chemischen Albedo der Planeten mit derjenigen irdischer Stoffe in einfacher Weise bewerkstelligt werden kann. So findet z. B. Bond a. a. O. S. 239 die chemische Albedo Jupiters doppelt so gross als die chemische Albedo von weissem Papier, d. h. Jupiter erfordert zur Herstellung eines photographischen Bildes von bestimmter Intensität nur die Hälfte von der Zeit, welche ein Blatt sehr weissen Papiers unter denselben Beleuchtungsverhältnissen zur Erzeugung eines gleich intensiven Bildes gebrauchen würde.

Indem Bond ausserdem die zur Hervorbringung gleich intensiver Photographien erforderlichen Zeiten beim Monde und Jupiter verglich, fand er mit Berücksichtigung des verschiedenen Abstandes beider Körper von der Sonne, dass eine Photographie des Jupiters eine neun Mal geringere Expositionszeit erfordert als der Vollmond unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen erfordern würde. Bei Vergleichung der Centraltheile des Mondes mit den hellen Streifen Jupiters ergab sich

---

[1]) G. P. Bond. *On the light of the Moon and of the planet Jupiter. Memoirs of the American Academy, New Series Vol. VIII (1861).*

für letztere sogar eine sieben und zwanzig Mal geringere Expositionszeit (a. a. O. S. 223).

Da nach den Untersuchungen von Hankel[1]), Bunsen und Roscoe[2]) die Expositionszeiten sich umgekehrt wie die Intensitäten der reflectirten Strahlenmenge verhalten, so senden also die Centraltheile des Jupiters von einer gewissen auf sie fallenden Quantität Sonnenlicht sieben und zwanzig Mal mehr chemische Strahlen als der Mond zurück.

Aehnliche Resultate scheinen sich, wenn auch mit geringerer Sicherheit, für den Saturn zu ergeben. Verbindet man diese Resultate mit den Ergebnissen der Spectralanalyse, welche für diese beiden grössten Planeten ganz analoge Spectra liefert, so wird man mit Rücksicht auf die Entwicklungsgeschichte unseres Planetensystems zu der nicht unwahrscheinlichen Annahme geführt, dass beide Körper sich noch in einem Zustande der Erhitzung befinden, in welchem sie Licht und Wärme ausstrahlen. Selbstverständlich müssen die Beobachtungen, auf welchen diese Annahme beruht, noch vervollkommnet und vervielfältigt werden, ehe die hier ausgesprochene Vermuthung ihre exacte Bestätigung erhalten und über die Quantität der ausgesandten Strahlen etwas Sicheres entschieden werden kann.

Leipzig, im Februar 1866.

---

[1]) Hankel, Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichtes. Abhandl. d. k. sächs. Ges. d. W. 1862, Bd. 9, S. 55.

[2]) Bunsen und Roscoe, Photochemische Untersuchungen, Pogg. Ann. Bd. CXVII, S. 529.

Photometrische Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Planeten Merkur.

(Poggendorff's Annalen. Jubelband 1874.)

1.

Quantitative Bestimmungen der Lichtmengen, welche ein von der Sonne erleuchteter Himmelskörper in verschiedenen Phasen seiner Beleuchtung aussendet, gestatten in doppelter Weise einen Schluss auf die physische Beschaffenheit seiner Oberfläche:

Erstens, durch die Form des Gesetzes, nach welchem sich die bei verschiedenen Phasen reflectirten Lichtmengen ändern.

Zweitens, durch die Grösse der lichtreflectirenden Kraft oder der sogenannten Albedo seiner Oberfläche.

Meine Untersuchungen über die relative Helligkeit der Mondphasen[1]) haben gezeigt, dass das Gesetz, nach welchem sich die Lichtmengen mit der Grösse der Phase ändern, ein ganz verschiedenes ist, je nachdem die Oberfläche eine homogene oder eine durch schattenwerfende Erhebungen zerklüftete ist.[1]) Unter der ersten Annahme hatte Lambert[2]) für das Verhältniss der Lichtmengen q und q', welche von zwei Phasen v und v' einer beleuchteten Kugel ausgesandt werden, den folgenden Ausdruck erhalten:

$$\frac{q}{q'} = \frac{\sin v - v \cos v}{\sin v' - v' \cos v'} \qquad (1)$$

---

[1]) Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipzig 1865. S. 33 ff.

[2]) *Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*, Augsburg 1760, § 1047 ff.

Unter Voraussetzung einer nicht homogenen Oberfläche gelangte ich dagegen zu der nachstehenden Formel:

$$\frac{q}{q'} = \frac{\sin(v-\beta) - (v-\beta)\cos(v-\beta)}{\sin(v'-\beta) - (v'-\beta)\cos(v'-\beta)} \qquad (2)$$

worin β eine constante Winkelgrösse bedeutet, die beim Monde den Werth 52° besitzt und theoretisch den mittleren Elevationswinkel der Erhebungen bedeutet.

Beide Formeln weichen in ihren Resultaten so beträchtlich von einander ab, dass schon wenige photometrische Vergleichungen von nur einiger Sicherheit ausreichend sind, um bei genügender Phasendifferenz zu entscheiden, ob man es mit einem Himmelskörper der ersten oder zweiten Gattung zu thun hat. Im Allgemeinen kann der Einfluss der nicht homogenen Oberfläche eines Planeten nur durch eine dichte Atmosphäre und deren wolkenförmige Producte aufgehoben oder verändert werden. Dem entsprechend hat sich gezeigt, dass bei denjenigen Planeten, welche durch topographische Beobachtungen die Existenz einer dichten Atmosphäre und wolkenförmiger Producte in derselben erkennen lassen, das Gesetz der bei verschiedenen Phasen reflectirten Lichtmengen sehr gut mit der Lambert'schen Formel übereinstimmt. So gestatten namentlich die verschiedenen Phasen der Venus mit Anwendung dieser Formel eine sehr befriedigende Reduction auf eine constante Lichtmenge in der Opposition. Seidel hat dies bei seinen Beobachtungen der Venus im Jahre 1852 mit Anwendung des Steinheil'schen Photometers nachgewiesen[1]), und zu demselben Resultate bin ich durch meine Beobachtungen im Jahre 1865 gelangt.[2])

Ueber die Oberflächenbeschaffenheit der Venus spricht Vogel[3]) das Resultat seiner sorgfältigen Beobachtungen aus den letzten Jahren mit folgenden Worten aus:

---

[1]) Seidel, Untersuchungen über die Lichtstärke der Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn verglichen mit Sternen, und über die relative Weise ihrer Oberflächen. . . . Abhandlungen der königl. bair. Akademie d. W. *(Monumenta saecularia)* 1859.

[2]) Photometrische Untersuchungen etc. S. 154 ff.

[3]) Beobachtungen, angestellt auf der Sternwarte des Kammerherrn v. Bülow zu Bothkamp. Heft 2. Herausgegeben von Dr. H. C. Vogel, Astronom der Sternwarte. Leipzig 1873. S. 125.

„Das nebelartige, verschwommene Aussehen der Flecke, sowie die — besonders zu der Zeit, wo die Venus als Sichel erscheint — auffallende Abnahme des Lichtes nach der Beleuchtungsgrenze, machen es sehr wahrscheinlich, dass der Planet von einer Atmosphäre umgeben ist, in der eine sehr dichte und dicke Schicht von Condensationsproducten schwebt, und dass die Aufhellungen in dieser Schicht nie so weit gehen, dass sie deutlich markirte Flecken auf der Venusscheibe bedingen, oder einen Durchblick auf die Oberfläche des Planeten gestatten."

Von dem angedeuteten Gesichtspunkte aus bieten photometrische Beobachtungen des Merkur in verschiedenen Phasen seiner Erleuchtung ein hohes Interesse dar. Indessen sind derartige Untersuchungen durch die Seltenheit günstiger Positionen jenes Planeten und vor Allem durch die in der Nähe des Horizontes stark veränderliche Absorption der Atmosphäre in unseren Breiten ausserordentlich erschwert. Soll es doch selbst Copernicus noch auf seinem Sterbebette beklagt haben, dass er in's Grab steigen müsse, ohne jemals den Merkur gesehen zu haben.

2.

Durch Umstände, wie sie ebenso günstig vielleicht selten vorkommen werden, bin ich in der Lage gewesen, mich von den erwähnten störenden Einflüssen, wenigstens an zwei Abenden, fast vollständig unabhängig zu machen und zahlreiche photometrische Bestimmungen des Merkur von einer solchen Zuverlässigkeit zu erlangen, dass ihre Discussion, wie ich glaube, schon jetzt eine nahezu entscheidende Antwort auf die Frage nach der Oberflächenbeschaffenheit dieses Planeten zu geben gestattet.

Ich habe bisher mit der Publication meiner bereits im Jahre 1868 angestellten Beobachtungen gezögert, in der Hoffnung, dieselben durch weitere Beobachtungen vervollständigen und hierdurch den daraus abgeleiteten Resultaten ein grösseres Gewicht verleihen zu können. Die oben er-

wähnten Umstände haben jedoch diese Hoffnung bis jetzt vereitelt; dagegen sind in der bereits angeführten Schrift von Hrn. Dr. Vogel an zwei Abenden des Jahres 1871 einige photometrische Vergleichungen zwischen Merkur und Capella mitgetheilt, von denen jedoch nach einer ausdrücklichen Bemerkung Vogel's den Beobachtungen des ersten Abends nur eine sehr geringe Sicherheit beizulegen ist.

Ich werde mir nun zunächst erlauben, meine eigenen Beobachtungen und die näheren Umstände, unter denen sie angestellt wurden, hier mitzutheilen.

1868, 16. Februar, klärte sich der Himmel bei ziemlich starkem Nordwinde um 5 Uhr 45 M. plötzlich ganz auf. Am westlichen Horizonte erschienen Merkur und Jupiter als hell glänzende Gestirne in fast genau gleicher Höhe; da ich mir bei der hohen Lage und freien Aussicht meiner Wohnung eine längere Beobachtung beider Planeten versprechen durfte, so war ich entschlossen, das Helligkeitsverhältniss derselben mit einem schnell in Bereitschaft gesetzten Photometer zu bestimmen.

Die folgenden Zahlen sind Mittelwerthe aus je zwei Ablesungen am Intensitätskreise meines Astrophotometers; die stetige Abnahme derselben zeigt die bedeutende Zunahme der atmosphärischen Absorption bei abnehmender Höhe der Gestirne. Der Anfang der Beobachtungen war 5 Uhr 52 M., das Ende 6 Uhr 21 M. Unter P sind die Einstellungen des Photometers, unter Z die Zenithdistanzen beim Beginn und am Ende der Beobachtungen aufgeführt.

1868. Februar 16.

No.	Merkur.		Jupiter.	
	Z	P	Z	P
1.	81° 40′	28°,0	81° 32′	51°,9
2.		27,0		49,5
3.		25,2		47,2
4.		22,8		39,7
5.		19,6		32,9
6.		17,5		29,5
7.		15,5		27,7
8.		15,4		24,6
9.	85° 50′	14,3	85° 54′	24,0

Durch alternirende Combination der Beobachtungen zur Elimination des noch übrig bleibenden Einflusses der atmosphärischen Absorption ergeben sich aus den Sinusquadraten dieser Ablesungen die folgenden Werthe für das Helligkeitsverhältniss von Jupiter und Merkur an jenem Abende.

No.	$\frac{\text{Jupiter}}{\text{Merkur}}$	Abw. v. Mittel.
1	2,802	— 0,061
2	2,679	+ 0,062
3	2,651	+ 0,090
4	2,789	— 0,048
5	2,793	— 0,052
6	2,868	— 0,127
7	2,681	+ 0,060
8	2,668	+ 0,073
Mittel =	2,741	

Unter ähnlichen Verhältnissen war es mir noch am 18. Februar desselben Jahres gestattet, photometrische Vergleichungen zwischen Merkur und Jupiter anzustellen, obschon die Höhen beider Gestirne nicht mehr so wenig von einander abwichen, um die Reduction auf das Zenith mit Hülfe der Seidel'schen Extinctionstafel umgehen zu können. Ich lasse hier unter denselben Bezeichungen wie oben die photometrischen Ablesungen an jenem Abende folgen.

1868. Februar 18.

No.	Merkur.		Jupiter.	
	Z	*P*	*Z*	*P*
1.	79° 58′	28°,8	81° 47′	52°,7
2.	80° 16′	28,2	82° 14′	48,9
3.	80° 42′	28,2	82° 49′	47,4
4.	81° 6′	25,0	83° 16′	39,5

Begonnen wurden die Beobachtungen um 5 Uhr 47 M., beendet um 6 Uhr 5 M. Durch Reduction auf das Zenith ergeben sich die folgenden Werthe für das Helligkeitsverhältniss von Jupiter und Merkur.

No.	$\frac{\text{Jupiter}}{\text{Merkur}}$	Abw. v. Mittel
1	3,317	— 0,122
2	3,180	+ 0,015
3	3,199	— 0,004
4	3,094	+ 0,101
Mittel	= 3,195	

Eine dritte photometrische Vergleichung des Merkur mit Capella gelang mir am 26. Februar desselben Jahres. Indessen ist die Sicherheit dieser Beobachtung durch die Verschiedenheit der Zenithdistanzen der verglichenen Gestirne eine so geringe, dass ich dieselbe in Verbindung mit der bereits erwähnten und unter ähnlichen Verhältnissen erlangten Beobachtung Vogel's besonders behandelt habe.

Das erlangte Resultat werde ich mir erlauben nach vorangegangener Discussion der obigen Beobachtungen mitzutheilen.

3.

Die beobachteten Helligkeitsverhältnisse sollen zunächst auf diejenige Helligkeit Jupiters reducirt werden, welche derselbe in der sogenannten mittleren Opposition besitzt, d. h. in derjenigen Opposition, wo Erde und Jupiter sich in ihrem mittleren Abstande von der Sonne befinden.

Bezeichnen J und J_1 die Helligkeiten eines Planeten bei den Entfernungen e und e_1 von der Erde und r und r_1 von der Sonne, so hat man bei gleicher Phase

$$\frac{J}{J_1} = \left(\frac{e_1 r_1}{er}\right)^2$$

Beziehen sich daher die Werthe J, e und r auf die mittlere Opposition, J_1, e_1, r_1 auf die während der Beobachtung vorhandenen Grössen, so ergibt sich aus obiger Gleichung für die auf mittlere Opposition reducirte Helligkeit J:

$$J = J_1 \left(\frac{e_1 r_1}{er}\right)^2$$

Nach den Ephemeriden für Jupiter ist nun:

Mittl. Opp.	1868 Febr. 16.25	1868. Febr. 18.25.
$\log e = 0{,}6235$	$\log e_1 = 0{,}7712$	$\log e_1 = 0{,}7718$
$\log r = 0{,}7162$	$\log r_1 = 0{,}6965$	$\log r_1 = 0{,}6965$

Hieraus ergibt sich mit Hülfe der obigen Beziehung

	$\frac{\text{Jupiter mittl. Opp.}}{\text{Merkur}}$
1868 Febr. 16	= 4,942
Febr. 18	= 5,777

Das Helligkeitsverhältniss Jupiters in mittlerer Opposition zur Capella ist von mir aus Beobachtungen in den Jahren 1862—1864 bestimmt worden. Es hatte sich in sehr guter Uebereinstimmung mit Seidel's Beobachtungen ergeben:

$$\frac{\text{Jupiter m. O.}}{\text{Capella}} = 10{,}190.$$

Noch nicht publicirte Beobachtungen aus dem Jahre 1868 ergeben folgende Werthe:

		$\frac{\text{Jupiter m. O.}}{\text{Capella}}$
1868 Oct.	29	11,22
Nov.	5	10,64
Dec.	2	13,00
Dec.	9	11,75
Dec.	14	10,01
Mittel:		11,324

Ich erlaube mir bei der Beurtheilung dieser Werthe darauf hinzuweisen, dass mit Rücksicht auf die mannigfach wechselnde Bewölkung Jupiters, wie dieselbe erst jüngst wieder durch sorgfältige Beobachtungen und Zeichnungen von Dr. Lohse zur Evidenz gebracht ist[1]), eine Constanz jener Helligkeit nicht erwartet werden darf. Ich glaube vielmehr, dass gerade zahlreiche und sorgfältige photometrische Beobachtungen Jupiters ein sehr werthvolles Material zur Controle einer eventuellen Periodicität in der Bewölkung Jupiters liefern werden. Eine theoretische Berücksichtigung der Phase Jupiters, die am

[1]) Bothkamper Beobachtungen Heft 2.

16. Febr. nur 3° von der Oppositionsphase abwich, habe ich im Hinblick auf die Geringfügigkeit dieses Einflusses beim Jupiter unberücksichtigt gelassen.[1])

Mit Benutzung des im Jahre 1868 gefundenen Helligkeitsverhältnisses von $\frac{\text{Jupiter m. O.}}{\text{Capella}}$ ergeben sich aus den obigen Grössen die folgenden Werthe für das Helligkeitsverhältniss von $\frac{\text{Merkur}}{\text{Capella}}$ an den beiden Beobachtungsabenden[2]):

	$\frac{\text{Merkur}}{\text{Capella}}$
1868 Februar 16.25	2,291
Februar 18.25	1,960

4.

Es bezeichne:

e die Entfernung Merkurs von der Erde,
r die Entfernung Merkurs von der Sonne,
s die Entfernung der Erde von der Sonne.

Die Ephemeriden des Jahres 1868 geben für die Logarithmen[3]) dieser Grössen zur Zeit der Beobachtung die folgenden Werthe:

---

[1]) Photometrische Untersuchungen etc. S. 132.

[2]) Aus zahlreichen, noch nicht publicirten Beobachtungen in den Jahren 1865 — 1868 habe ich das Helligkeitsverhältniss von $\frac{\text{Sirius}}{\text{Capella}}$ abgeleitet. Es ergibt sich

$$\log . \frac{\text{Sirius}}{\text{Capella}} = 0{,}532 \pm 0{,}008$$

oder:

$$\frac{\text{Sirius}}{\text{Capella}} = 3{,}404.$$

Aus der Vergleichung dieses Werthes mit dem oben für $\frac{\text{Merkur}}{\text{Capella}}$ gefundenen geht hervor, dass Merkur in günstiger Position sich der Helligkeit des Sirius nähern kann und dann jedenfalls über doppelt so hell ist als ein Stern erster Grösse.

[3]) Mit decadischer Ergänzung und den mittleren Abstand der Erde von der Sonne als Einheit angenommen.

		$\log e$	$\log r$	$\log s$
1868 Febr.	16.25	0,0280	9,4943	9,9949
Febr.	18.25	0,0054	9,4893	9,9951

Bezeichnet v die Grösse der erleuchteten Merkursphase und ε das Complement derselben zu 180°, so ist

$$\cos \varepsilon = \frac{e^2 + r^2 - s^2}{2re}$$

$$v = 180^0 - \varepsilon.$$

Mit Hülfe der obigen Werthe ergibt sich in runder Zahl:

1868 Febr. 16.25 $v = 113^0$
Febr. 18.25 $v = 103^0$.

Um nun das Helligkeitsverhältniss zu finden, in welchem die beiden Merkursphasen zu einander stehen, muss der Planet an beiden Tagen in gleichen Entfernungen sowohl von der Erde als auch von der Sonne vorausgesetzt werden. Wählt man hierzu die Einheit der Entfernung, d. h. den mittleren Abstand der Erde von der Sonne, so ergeben sich mit Benutzung der oben für log e und log r angegebenen Werthe für die Logarithmen der auf die Einheit der Entfernungen reducirten Helligkeit von $\frac{\text{Merkur}}{\text{Capella}}$ die folgenden Grössen:

		Log. $\frac{\text{Merkur red.}}{\text{Capella}}$
1868 Febr.	16.25	0,4046 — 1
Febr.	18.25	0,2816 — 1.

Hieraus resultirt für das Verhältniss der Lichtmengen des Merkur, soweit dasselbe nur durch die Verschiedenheit der Phase bedingt ist:

$$\frac{\text{Merkursphase } 113^0}{\text{Merkursphase } 103^0} = 1{,}327.$$

Mit diesem Werthe lässt sich das Verhältniss derselben Phasen beim zunehmenden Monde vergleichen, wie es den Beobachtungen entspricht:

$$\frac{\text{Mondphase } 113^0}{\text{Mondphase } 103^0} = 1{,}324.$$

Die Theorie würde nach der im Eingange erwähnten Formel für dieses Verhältniss den Werth 1,70 und die Lambert'sche Formel den Werth 1,20 geben. Der obige Werth folgt aus der graphisch entworfenen Helligkeitscurve der Mondphasen, wie es sich aus den Beobachtungen des zunehmenden Mondes ergibt. Bereits in meinen photometrischen Untersuchungen (S. 66 ff.) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass für kleinere Phasen die Ergänzung der gegebenen Formel durch ein zweites, dem Lambert'schen Gesetze entsprechendes Glied, in der Natur der gegebenen Verhältnisse nothwendig begründet ist.

Wenn nach den obigen Angaben für das Lichtverhältniss der bezüglichen Phasen zwischen der Lambert'schen Theorie und dem beobachteten Werthe kein bedeutender Unterschied vorhanden ist, so wird derselbe ein sehr auffallender, wenn man nach dieser Theorie und der beim Monde beobachteten Curve die Lichtmengen der beiden Phasen auf diejenige in der Opposition bei vollständig erleuchteter Merkursscheibe reducirt.

Es ergeben sich nämlich für die Logarithmen des Reductionsfactors auf die Opposition nach beiden Curven die folgenden Werthe:

	Log. Red.	
v	Mondcurve	Lambert's Curve
113°	0,6383	0,2757
103°	0,7560	0,3516

Addirt man diese Grössen zu den Logarithmen der auf die Einheiten der Entfernung reducirten Werthe des Helligkeitsverhältnisses von $\frac{\text{Merkur}}{\text{Capella}}$, so erhält man für die Logarithmen der Oppositionshelligkeit des Merkur:

$$\text{Log.}\ \frac{\text{Merkur Opp.}}{\text{Capella}} =$$

	Red. nach der	Red. nach
v	Mondcurve	Lambert's Curve
113°	0,0429	0,6803 — 1
103°	0,0376	0,6332 — 1.

Es würde also nach der Lambert'schen Formel die Lichtmenge der voll erleuchteten Merkursscheibe ungefähr 2,4 Mal geringer sein als diejenige Lichtmenge, welche man unter der Voraussetzung erhält, dass das Gesetz der Helligkeitsänderung der Merkursphasen mit dem beim Monde beobachteten Gesetze übereinstimmt.

Wie man sieht, würde diesem Unterschiede eine ebenso grosse Verschiedenheit in der lichtreflectirenden Kraft oder in der Albedo des Merkur entsprechen. Es wird daher von Interesse sein, die absoluten Werthe dieser Grössen zu bestimmen, um sie alsdann durch Vergleichung derselben mit den analogen Grössen bekannter Körper für den einen oder andern Werth zu entscheiden.

5.

Am einfachsten geschieht dies, wenn man sich einen Himmelskörper von bekannter Albedo, z. B. den Mond, in gleiche Beleuchtungsverhältnisse mit Merkur versetzt denkt. Mit Berücksichtigung des bekannten Durchmesserverhältnisses beider Körper ist es alsdann leicht, das Verhältniss ihrer lichtreflectirenden Kräfte zu bestimmen.

Zu diesem Zwecke muss zunächst das Helligkeitsverhältniss des Vollmondes in mittlerer Opposition zur Capella bekannt sein. Für das Helligkeitsverhältniss der Sonne zum Vollmonde und der Sonne zur Capella hatte sich früher ergeben[1])

$$\log. \frac{\text{Sonne}}{\text{Vollmond}} = 5{,}7910 \pm 0{,}0067$$

$$\log. \frac{\text{Sonne}}{\text{Capella}} = 10{,}7463 \pm 0{,}0200.$$

Hieraus folgt:

$$\log. \frac{\text{Vollmond}}{\text{Capella}} = 4{,}9553.$$

Nimmt man die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde zu 51800 geogr. Meilen, die der Erde von der Sonne zu 19884000 geogr. Meilen an, entsprechend einer Parallaxe von 8″,915, so ergibt sich für den Logarithmus des Helligkeits-

[1]) Photometrische Untersuchungen etc. S. 105 u. 125.

verhältnisses des Vollmondes zur Capella in der Einheit der Entfernung von Erde und Sonne

$$\log. \frac{\text{Vollmond red.}}{\text{Capella}} = 0{,}7891 - 1.$$

Mit Berücksichtigung der oben für Merkur bei gleichen Entfernungen gefundenen Werthe ergeben sich hieraus für die Logarithmen des Helligkeitsverhältnisses von $\frac{\text{Merkur}}{\text{Mond}}$, wenn beide Körper voll erleuchtet sind:

$$\log. \frac{\text{Merkur in Opp.}}{\text{Vollmond}} =$$

v	Red. n. d. Mondcurve	Red. n. Lambert's Curve
113°	0,2538	0,6803 — 1
103°	0,2485	0,6332 — 1.

Bezeichnen J und J_1 die von zwei Planeten in der Opposition unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen reflectirten Lichtmengen, ferner d und d_1 ihre Durchmesser und μ und μ_1 ihre lichtreflectirenden Kräfte, so ist:

$$\frac{J}{J_1} = \frac{\mu d^2}{\mu_1 d_1^2}$$

oder

$$\mu = \mu_1 \frac{J d_1^2}{J_1 d^2}.$$

Bezieht man die mit einem Strich versehenen Buchstaben auf den Mond, die andern auf den Merkur und setzt den

Durchmesser des Mondes $d_1 = 468$ geogr. Meilen
Durchmesser des Merkur $d = 644$ „ „ [1])
die scheinbare[2]) Albedo des Mondes $\mu = 0{,}119$

so ergeben sich aus den oben für $\log. \frac{J}{J_1} = \log. \frac{\text{Merkur Opp.}}{\text{Vollmond}}$ gefundenen Werthen für die lichtreflectirende Kraft oder Albedo Merkurs, nach Maassgabe der verschiedenen Reductionen die folgenden Werthe

---

[1]) Entsprechend einem scheinbaren Durchmesser 6″,697 (Bessel).
[2]) Vgl. Photometr. Unters. S. 162 ff.

	Albedo Merkur's reducirt	
	n. d. Mondcurve	n. Lambert's Curve
v	μ	μ
113°	0,113	0,030
103°	0,111	0,027.

Aus einer ähnlichen Reduction der vereinzelten und bei Weitem weniger sicheren Beobachtungen, welche ich am 26. Februar desselben Jahres bei einer Phase des Merkur von 60° und Hr. Vogel am 22. April 1871 bei einer Phase von 79° erhalten hat[1]), ergeben sich folgende Werthe für die Albedo Merkurs

	red. n. d. Mondcurve	red. n. Lambert's Curve
v	μ	μ
60°	0,171	0,012
79°	0,138	0,031.

Diese Werthe zeigen

1. dass durch Reduction der Merkurphasen mit Hülfe der Helligkeitscurve der Mondphasen für die Oppositionshelligkeit eine weit grössere Uebereinstimmung erzielt wird, als wenn diese Reduction nach Lambert's Theorie geschieht;
2. dass sich bei Anwendung der Mond-Reduction eine mit der Albedo des Mondes nahezu übereinstimmende Grösse für die Albedo Merkurs ergibt.

Um die erlangten Werthe der Albedo mit den analogen Werthen irdischer Körper vergleichen zu können, mögen hier die früher von mir für einige Stoffe gefundenen Werthe folgen:

	μ
Frischgefallener Schnee	0,783
Weisses Papier	0,700
Weisser Sandstein	0,237
Thonmergel	0,156
Quarzporphyr	0,108
Feuchte Ackererde	0,079
Dunkelgrauer Syenit	0,078.

[1]) Bothkamper Beobachtungen Heft 2. S. 134.

Wollte man also für Merkur unter den verschiedenen Werthen, welche sich bei Reduction nach der Lambert'schen Curve für seine Albedo ergeben, selbst den höchsten 0,031 annehmen, so müsste seine Oberfläche aus einem schwarzen Stoffe bestehen, der etwa 2,5 Mal weniger Licht reflectirt als der Dunkelste der oben aufgeführten irdischen Stoffe. Es wird daher die Wahrscheinlichkeit, dass das Gesetz für die Helligkeitsveränderung seiner Phasen mit dem für die Mondphasen gültigen übereinstimmt, durch diesen Umstand erhöht.

6.

Um nun aber ganz unabhängig von der Reduction auf die Opposition zu sein und gleichzeitig eine Controle für das erlangte Resultat zu erhalten, will ich folgenden Weg einschlagen, bei welchem lediglich von dem Gesetze der Abnahme des Lichtes im Verhältniss des Quadrates der Entfernung vom leuchtenden und beleuchteten Körper Gebrauch gemacht werden soll.

Unter den zahlreichen Beobachtungen der Mondphasen, welche ich im Jahre 1864 anstellte, befindet sich eine, welche nur um 3° von der Merkurphase am 16. Februar 1868 abweicht. 1864 Juli 13 erhielt ich nämlich aus 18 Beobachtungen bei einer Mondphase von 110° das Helligkeitsverhältniss derselben zu der am 19. Juni desselben Jahres beobachteten Phase von 179° (aus 14 Beobachtungen) den folgenden Werth:[1])

$$\log. \frac{\text{Mondphase } 110^\circ}{\text{Mondphase } 179^\circ} = 0{,}3136 - 1.$$

Setzt man die bei der Phase 179° beobachtete Helligkeit gleich derjenigen des Vollmondes, so ergibt sich mit Hülfe des oben für die Helligkeit des Vollmondes in der Einheit der Entfernung von Erde und Sonne zur Helligkeit Capella's gefundenen Werthes für das Helligkeitsverhältniss der Mondphase 110° zu Capella in den gleichen Entfernungen von Erde und Sonne:

[1]) Photom. Unters. S. 102.

$$\log. \frac{\text{Mondphase } 110^\circ \text{ red.}}{\text{Capella}} = 0{,}1027 - 1.$$

Für die Merkurphase 113° in denselben Entfernungen hatte sich oben ergeben:

$$\log. \frac{\text{Merkurphase } 113^\circ}{\text{Capella}} = 0{,}4046 - 1.$$

Hieraus folgt:

$$\log. \frac{\text{Merkurphase } 113^\circ}{\text{Mondphase } 110^\circ} = 0{,}3019.$$

Bezeichnet nun:

J die Lichtmenge der Merkurphase,
d den Durchmesser des Merkur,
μ die Albedo des Merkur

und J_1 d_1 μ_1 die analogen Grössen bei der Mondphase, so hat man unter Voraussetzung gleicher Phasen, also im vorliegenden Falle bei Vernachlässigung der 3° Phasendifferenz, wie oben

$$\mu = \mu_1 \frac{J}{J_1} \left(\frac{d_1}{d}\right)^2$$

Mit Anwendung der bekannten Werthe ist:

$$\log \mu_1 = 0{,}0756 - 1$$
$$\log \frac{d_1^2}{d^2} = 0{,}7226 - 1$$
$$\log \frac{J}{J_1} = 0{,}3019$$
$$\log \mu = 0{,}1001 - 1$$
$$\mu = 0{,}126$$

Es resultirt also wieder ein Werth für die Albedo Merkurs, welcher mit der scheinbaren Albedo des Mondes:

$$\mu_1 = 0{,}119$$

sehr gut übereinstimmt.

Ich glaube auf Grund dieser Resultate mit grosser Wahrscheinlichkeit die Behauptung aussprechen zu dürfen:

Der Merkur ist ein Körper, dessen Oberflächenbeschaffenheit mit derjenigen des Mondes sehr nahe übereinstimmt, der also auch, wie der Mond, wahrscheinlich keine merkliche Atmosphäre besitzt.

Es wird dieses Ergebniss, wie mir scheint, noch wesentlich durch topographische Beobachtungen unterstützt, welche erst

vor Kurzem von Hrn. Vogel in dem 2. Hefte der Bothkamper Beobachtungen, in Uebereinstimmung mit früheren Ergebnissen, mitgetheilt sind. Es zeigt sich nämlich, dass beim Merkur die Grösse der beobachteten Phase stets etwas kleiner als die berechnete ist, während bei der Venus ein solcher Unterschied nicht stattfindet.[1])

Fragt man nach der Ursache dieser Verschiedenheit zwischen den beiden unteren Planeten, so glaube ich dieselbe in der Abwesenheit einer Atmosphäre beim Merkur und in dem Vorhandensein einer sehr dichten, mit Wolken erfüllten, bei der Venus erblicken zu dürfen. Denn eine mit Bergen und Erhebungen bedeckte, und seitlich erleuchtete Oberfläche eines Planeten muss an der Beleuchtungsgrenze durch Schattenwurf eine Verminderung ihrer Phase erleiden; ein Umstand, von dem man sich direct durch Beleuchtung einer künstlich mit Erhebungen bedeckten Kugel im Vergleich zu einer homogenen Kugel überzeugen kann.

7.

Um den grossen und für die vorliegenden Betrachtungen charakteristischen Unterschied in den photometrischen Verhältnissen der beiden Planeten Merkur und Venus noch deutlicher hervortreten zu lassen, mögen hier die Beobachtungen des Helligkeitsverhältnisses $\frac{\text{Venus}}{\text{Capella}}$ mit den nach der Lambert'schen Formel und auf die Einheiten der Entfernungen reducirten Werthen zusammengestellt werden:

Datum		$\log. \frac{\text{Venus}}{\text{Capella}}$ beobachtet	reducirt Opp.
	v		
1865. Jan. 17. $6^h\ 0^m$	111°,7	1,6157	1,6016
Febr. 5. $7^h\ 52^m$	102,9	1,6667	1,6019
Febr. 6. $7^h\ 0^m$	102,3	1,6698	1,6033
Febr. 7. $6^h\ 12^m$	101,8	1,6417	1,5724
Febr. 16. $6^h\ 19^m$	97,0	1,6560	1,5630
Febr. 23. $6^h\ 47^m$	93,0	1,7243	1,6140
März 1. $7^h\ 57^m$	89,3	1,7775	1,6536
März 4. $8^h\ 7^m$	87,6	1,7790	1,6462
		Mittel	$1,6070 \pm 0,0075$.

[1]) Vgl. a. a. O. S. 134 u. S. 127.

Nach den oben mitgetheilten Werthen hatte sich ergeben:

$$\log. \frac{\text{Vollmond red.}}{\text{Capella}} = 0{,}7891$$

so dass hieraus in Verbindung mit dem Werthe für $\frac{\text{Venus}}{\text{Capella}}$ folgt:

$$\log. \frac{\text{Venus}}{\text{Vollmond red.}} = 18{,}179.$$

Der scheinbare Durchmesser d der Venus in der Entfernung des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne ist als Mittel aller bis jetzt bekannten Beobachtungen:[1])

$$d = 17'',211.$$

Der Mond aus derselben Entfernung gesehen würde einen scheinbaren Durchmesser d_1 besitzen:

$$d_1 = 4'',856.$$

Bezeichnet daher wie oben μ_1 die scheinbare Albedo des Mondes und $\frac{J}{J_1}$ das Helligkeitsverhältniss von Venus zu Vollmond in demselben Abstande von Erde und Sonne, so ist die Albedo der Venus μ:

$$\mu = \mu_1 \frac{J d_1^2}{J_1 d^2}$$

Mit den obigen Werthen folgt aus dieser Beziehung:

$$\mu = 0{,}623.$$

Mit Berücksichtigung der früher von mir ermittelten lichtreflectirenden Kräfte der übrigen Planeten ergibt sich folgende Zusammenstellung für die scheinbare Albedo. Für Merkur ist das Mittel aus den beiden ersten Beobachtungsreihen angesetzt:

	μ
Merkur	0,114
Venus	0,623
Mond	0,119 $\pm$ 0,003
Mars	0,267 $\pm$ 0,016
Jupiter	0,624 $\pm$ 0,036
Saturn	0,498 $\pm$ 0,025
Uranus	0,641 $\pm$ 0,054
Neptun	0,465 $\pm$ 0,037.

[1]) Vgl. III. Bd. der Annalen der Leidener Sternwarte S. 222 ff.

Es ist bemerkenswerth, dass diejenigen Planeten, bei denen auch durch anderweitige Beobachtungen die Existenz einer dichten, mit Wolken erfüllten, Atmosphäre erwiesen ist, nicht nur eine grosse, zum Theil übereinstimmende Albedo besitzen, sondern auch nach der Lambert'schen Formel auf eine constante Oppositionshelligkeit reducirt werden können. Es wird hierdurch, wie ich glaube, ein Satz bestätigt, den ich in meinen photometrischen Untersuchungen S. 25, bei einer Kritik des Lambert'schen und Bouguer'schen photometrischen Calcüles, mit folgenden Worten ausgesprochen habe:

„Die von den Phasen einer Planetenkugel ausgesandten Lichtmengen werden um so vollkommener der Lambert'schen Theorie entsprechen, je dichter die auf dem Planeten befindliche Atmosphäre ist, und aus je geringerer Tiefe demnach noch Strahlen aus derselben zum Beobachter gelangen."

8.

Bei einem Planeten, welcher nur eine wenig dichte Atmosphäre besitzt, so dass das von ihm reflectirte Licht zum Theil auch von der festen Oberfläche ausgeht, wird in der Nähe der Opposition der zuletzt erwähnte Theil, dagegen in kleineren Phasen der von der Atmosphäre reflectirte Theil des Lichtes prävaliren. Ein solcher Planet ist z. B. Mars, und in der That entspricht die Helligkeitscurve seiner Phasen dem soeben Bemerkten. Dieselbe hat in der Nähe der Opposition ganz den Charakter der Mondcurve, dagegen nähert sie sich bei kleineren Phasen der Lambert'schen Curve.[1])

Es wäre offenbar von grossem Interesse, auch die scheinbare, mittlere Albedo des von uns bewohnten Planeten und seine Lichtcurve bei verschiedenen Phasen der Beleuchtung zu kennen. Der einzige Weg, welcher sich uns zu diesem Zwecke darbietet, besteht, soweit ich sehe, in der photometrischen Bestimmung desjenigen Lichtes, welches zu uns als sogenanntes aschfarbenes Licht von der Mondoberfläche reflectirt wird. Ich erlaube mir zu bemerken, dass es seine mit

[1]) Vgl. Photometrische Untersuchungen S. 127 ff.

Hülfe meines Photometers gelungen ist, bereits eine Anzahl derartiger Bestimmungen nach einer sehr einfachen Methode auszuführen. Durch Anwendung eines genügend grossen Diaphragma's werden im Gesichtsfelde des Photometers an Stelle der leuchtenden Punkte zwei leuchtende Scheiben erzeugt, von denen die eine mit dem durch das aschfarbene Licht erleuchteten Mondrande in Berührung gebracht wird. Man kann alsdann, wenn die helle Mondsichel durch eine Blendung verdeckt ist, sehr gut und mit grosser Sicherheit das leuchtende Scheibchen im Gesichtsfelde des Photometers auf die gleiche Helligkeit mit dem Mondrande bringen. Auf diese Weise habe ich an einigen Abenden das Intensitätsverhältniss des hellen zum aschfarbenen Rande zu bestimmen versucht und beispielsweise folgende Werthe erhalten:

	dunkler Rand / heller Rand	Phase d. Erde v. Monde gesehen
1868. März 26.	$\frac{1}{1000}$	149°
Nov. 19.	$\frac{1}{1414}$	122°
Nov. 21.	$\frac{1}{1838}$	99°

Diese Werthe scheinen in der That eine Zunahme des aschfarbenen Lichtes mit wachsender Phase der Erde anzudeuten. Indessen ist zu berücksichtigen, dass auch der helle Rand eine mit der Phase des Mondes variable Lichtstärke besitzen wird, deren Gesetz zunächst empirisch bestimmt werden muss. Ich bitte übrigens den mitgetheilten Beobachtungen keinen absoluten Werth beizulegen, sondern sie nur als einen Beweis für die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung der Albedo der Erde und des Gesetzes der variablen Lichtintensität ihrer Phasen zu betrachten.

Leipzig, October 1873.

Beiträge zur Kenntniss der chromatischen und monochromatischen Abweichung des menschlichen Auges.

(Poggendorff's Annalen Bd. 111. S. 329. September 1860.)

Die Untersuchungen von Petit, Th. Young[1]), Sömmering, Chossat, Tiedemann, Treviranus, Krause[2]), Kohlrausch[3]), Senff[4]), Helmholtz[5]), Knapp[6]) u. A. haben gelehrt, dass die krummen Flächen der brechenden Augenmedien nicht Rotationskörpern angehören, und dass im Allgemeinen die Grösse der Krümmungshalbmesser in horizontaler und verticaler Richtung eine verschiedene ist.

Die hieraus für die Dioptrik des Auges sich ergebenden Erscheinungen sind, so weit mir bekannt, vorzugsweise von E. G. Fischer[7]), Sturm[8]), Fr. Burckhardt[9]) und A. Fick[10]) einer besonderen Aufmerksamkeit gewürdigt und nach bekannten optischen Gesetzen auf genügende Weise erklärt worden. Als einfacher und schlagender Beweis für diese sogenannte monochromatische Abweichung[11]) wird in der Regel ein Versuch angeführt, welchen A. Fick[12]) mit folgenden Worten beschreibt:

---

[1]) *On the mechanism of the eye. (Philos. Transact. 1801, p. 38).*

[2]) Vergl. Zehender, Dioptrik des Auges.

[3]) Oken's Isis 1840.

[4]) Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiolog. Bd. III, 1.

[5]) v. Gräfe's Archiv f. Ophthalm. Bd. I, 2, 1855.

[6]) Knapp, Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges. Heidelberg 1860.

[7]) Abhandl. d. Berlin. Acad. f. 1818 bis 1819, S. 46 bis 50.

[8]) *Comptes rendus T. XX, p, 554, 761, 1238.* Pogg. Ann. Bd. 65, S. 116.

[9]) Verh. der naturforschenden Gesellschaft in Basel 1855, S. 269 ff.

[10]) Zeitschrift f. rationelle Medicin, Neue Folge Bd. II, S. 83.

[11]) Helmholtz, physiol. Optik. S. 137.

[12]) A. Fick, Medicinische Physik S. 328.

Fig. 1.

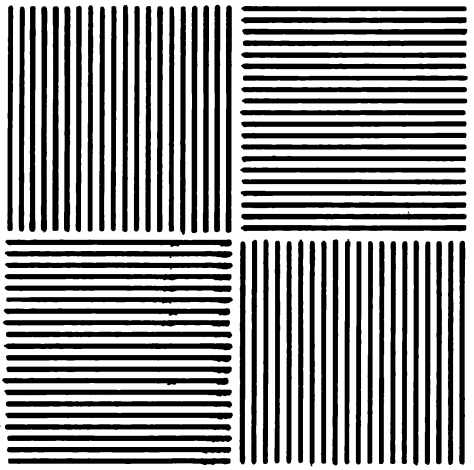


Fig. 2.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

„Man zeichne zwei sich senkrecht durchkreuzende sehr feine schwarze Linien auf weissen Grund und bringe sie recht nahe vor das Auge, die eine lothrecht, die andere wagrecht gehalten. Die meisten Augen werden ganz unzweideutig nur die eine der beiden Linien scharf sehen und bei möglichst angestrengtem Accommodationsapparat und fortgesetzter Annäherung des Objectes wird ganz constant die eine (entweder die lothrechte oder die wagrechte) zuerst anfangen undeutlich zu werden."

Dieselbe Erscheinung beobachtet man in sehr auffallender Weise an Fig. I auf beistehender Tafel, bei welcher es, wie man sieht, auf besondere Feinheit der Linien nicht ankommt.

Betrachtet man diese Zeichnung mit einem Auge aus grösserer Entfernung und nähert dieselbe bei gerade gerichtetem Kopfe[1]) dem Beobachter, so erscheinen entweder die horizontalen oder verticalen Liniensysteme zuerst deutlich und namentlich schwärzer. Diese Linien bewahren ihre grössere Intensität bei fortgesetzter Annäherung bis zu einer gewissen Entfernung vom Auge, in welcher sämmtliche, ohne Unterschied ihrer Richtung gleich deutlich erscheinen. Bei fortgesetzter Annäherung über diesen Punkt kehrt sich aber die ganze Erscheinung um. Man sieht jetzt die vorher in der Entfernung schwärzeren Linien weniger schwarz und umgekehrt.

Alle diese Erscheinungen treten mit der grössten Deutlichkeit an der besagten Figur hervor, so dass man dieselben auch denjenigen Personen leicht zeigen kann, welche durchaus nicht mit dergleichen Versuchen vertraut sind. Nur für ausserordentlich gute Augen, bei denen die Krümmungsverschiedenheiten gering und das Accommodationsvermögen in hohem Maasse ausgebildet ist, möchten die angeführten Erscheinungen weniger deutlich wahrzunehmen sein.

Mit Berücksichtigung der oben angedeuteten Theorie lässt sich nun aus der Richtung der deutlich oder weniger deutlich gesehenen Linien die Ebene der grössten Krümmung des Auges, und aus der bekannten Entfernung der Zeichnung

[1]) So dass die Verbindungslinie beider Augen parallel mit einer Linienrichtung der besagten Figur ist.

vom Auge, in welcher alle Linien gleich intensiv erscheinen, die Weite des deutlichsten Sehens bestimmen.

Liegt nämlich die Vereinigungsstrecke sämmtlicher Strahlen eines leuchtenden Punktes hinter der Netzhaut, so ist die Richtung der kleinen Axe der Zerstreuungsellipse parallel der Richtung der grössten Krümmung in den brechenden Medien. Befindet sich an Stelle des leuchtenden Punktes ein System von weissen und schwarzen Linien, deren Richtung parallel der kleinen Axe der Zerstreuungsellipse, also auch parallel der grössten Krümmung des Auges ist, so werden diese schwarzen Linien durch das stärkere Eingreifen der Zerstreuungsellipsen weniger deutlich erscheinen müssen als die hierzu senkrechten Linien, indem diese parallel der grossen Axe jener Zerstreuungsellipsen sind.

Wir gelangen also mit Berücksichtigung des Gesagten zu folgendem Satze:

> Wenn sich ein System von horizontalen und verticalen Linien in einer solchen Entfernung vom Auge befindet, dass die Vereinigungspunkte sämmtlicher Strahlen hinter die Netzhaut fallen, so entspricht die Lage der weniger deutlich oder intensiv gesehenen Linien zugleich der Lage der grössten Krümmung des Auges. Fallen dagegen die Vereinigungspunkte aller Strahlen vor die Netzhaut (hornhautwärts), so findet gerade das Umgekehrte statt.

Ob die Vereinigungspunkte vor oder hinter der Netzhaut liegen, kann man durch einen einfachen Versuch ermitteln. Im ersten Falle muss nämlich bei fortgesetzter Annäherung der Figur eine Umkehr in der Richtung der deutlich und weniger deutlich gesehenen Linien stattfinden, im zweiten Falle dagegen muss diese Umkehr bei fortgesetzter Entfernung der Figur eintreten[1]).

---

[1]) Es werden hierbei natürlich solche Augen vorausgesetzt, bei denen die Kurz- und Fernsichtigkeit nicht eine so grosse ist, dass man überhaupt nicht mehr durch Veränderung der Entfernung des Objectes die Vereini-

Die Richtung der deutlich und weniger deutlich gesehenen Linien hängt also von zwei Umständen ab:

1) von der Richtung der stärksten Krümmung der brechenden Medien des Auges,
2) von der Lage des Vereinigungsortes oder der Brennstrecke der einfallenden Strahlen in Bezug auf die Netzhaut.

Da sich nun dieser Vereinigungsort durch Anwendung von Brillengläsern verrücken lässt, so muss es möglich sein, durch abwechselndes Vorhalten und Entfernen eines solchen Glases bald die verticalen, bald die horizontalen Linien deutlicher oder schwärzer erscheinen zu lassen. Dieser Versuch lässt sich in der That sehr leicht und auf überraschende Weise anstellen, indem man ohne Mühe durch einige Versuche diejenige Entfernung der Figur findet, in welcher für ein bestimmtes Brillenglas die besagte Umkehrung stattfindet. Man wird gut thun, nicht zu schwach gekrümmte Gläser anzuwenden, indem hierdurch die Differenz der Vereinigungsweiten eine nur geringe wird. Für meine Augen genügt indessen zu diesem Versuch das Vorsetzen eines concaven Brillenglases No. 13 vollkommen.

Wird die besagte Figur in vergrössertem Maassstabe ausgeführt, etwa von 1 Quadratfuss[1]), so kann man mit Anwendung solcher Brillengläser die besprochenen Erscheinungen vielen Personen gleichzeitig zeigen, was bei Vorlesungen nicht ohne Interesse ist, da, wie ich glaube, diese Versuche für die Theorie des Sehens sehr instructiv sind.

Ich habe nach der angegebenen Methode die Augen einer grossen Anzahl von Personen untersucht, ohne bis jetzt Jemand gefunden zu haben, dem nicht in irgend einer Entfernung ein Unterschied in der Intensität der verticalen oder horizontalen Linien bemerklich würde.

Bei sehr vielen dieser Personen stehen die Richtungen der stärksten Krümmung der beiden Augen senkrecht zu einander.

---

gungspunkte von der einen auf die andere Seite der Netzhaut bringen kann. In diesem Falle müsste man für den beabsichtigten Zweck seine Zuflucht zu Convex- oder Concavgläsern nehmen.

[1]) Wobei natürlich die Stärke und der Abstand der Linien in demselben Verhältniss wachsen muss.

Bei meinen Augen ist das linke in horizontaler Richtung am stärksten gekrümmt, das rechte in verticaler. Um sich bei diesen Versuchen von etwaigen Ungleichheiten der Zeichnung unabhängig zu machen, thut man gut, die Figur jedesmal in zwei um 90° verschiedenen Lagen zu betrachten.

Alle bisher besprochenen Erscheinungen finden sowohl bei homogenem als auch bei gemischtem Lichte statt, und sind nach zahlreichen Andeutungen in der oben citirten Abhandlung Sturm's im Grunde nicht neu.

Indessen hat Fr. Burckhardt (l. c.) gezeigt, dass hierbei auch die chromatische Abweichung eine Rolle spielt und die Zerstreuungsellipsen eines leuchtenden Punktes je nach dem Zustande der Accommodation und den Krümmungen der brechenden Medien verschieden farbig gerandet sind. Da nämlich die Vereinigungsweite der stärker brechbaren Strahlen eine kürzere ist als die der weniger brechbaren, so muss, wie eine einfache geometrische Betrachtung zeigt, eine roth gerandete Zerstreuungsfigur entstehen, wenn der Strahlenkegel an einer Stelle geschnitten wird, welche zwischen Linse und dem Vereinigungspunkte der violetten Strahlen liegt. Rückt man mit diesem zur Axe des Kegels verticalen Schnitte von der Linse aus über den Vereinigungspunkt der rothen Strahlen hinaus, so entsteht umgekehrt eine blau gerandete Zerstreuungsfigur. Dove hat gelehrt, diese farbigen Ränder durch folgenden sehr einfachen Versuch sichtbar zu machen.

Betrachtet man eine Kerzenflamme durch ein intensiv gefärbtes blaues Kobaltglas, so erscheint die Flamme in grosser Nähe vom Auge roth gerandet, in der Entfernung dagegen blau gerandet. Bekanntlich lässt ein solches Kobaltglas ausser den blauen Strahlen auch noch rothe von einer gewissen Brechbarkeit hindurch.

Da eine horizontale Zerstreuungsellipse allmälig in eine verticale übergehen kann und umgekehrt, so muss es auf diesem Uebergange eine Zerstreuungsfigur geben, welche sich am meisten einem Kreise nähert, der jedoch, mit Berücksichtigung der chromatischen Abweichung, in horizontaler und

verticaler Richtung verschieden farbig gerandet ist[1]). Dieser Fall tritt in den oben angegebenen Versuchen offenbar dann ein, wenn dem Beobachter die horizontalen und verticalen Linien gleich deutlich erscheinen. Für diesen Fall kann nun aber die Farbe des Grundes, auf welchem sich die Liniensysteme befinden, nicht ohne Einfluss sein, sondern es ist zu erwarten, dass diejenigen Farben verschwinden, welche nicht in der Färbung des Grundes oder, was dasselbe ist, in der Farbe der Beleuchtung enthalten sind. Es muss also für den besagten Fall möglich sein, die kreisähnliche Zerstreuungsfigur durch entsprechende Farbenänderung des Grundes nach Belieben in eine horizontale oder verticale Ellipse zu verwandeln und hierdurch bei ungeänderter Accommodation, je nach der Farbe des Grundes, bald die verticalen, bald die horizontalen Linien deutlich erscheinen zu lassen.

Ich fand diese Vermuthung vollkommen bestätigt, als ich Fig. 1 in derjenigen Entfernung, in welcher alle Linien gleich deutlich erscheinen, abwechselnd mit einem rothen und blauen Glase betrachtete. Indessen kann es vorkommen, dass in der Zwischenzeit, während das eine Glas mit dem anderen vertauscht wird, der Zustand des Accommodationsapparates sich ändert und dadurch das Gelingen des Versuches erschwert wird. Um dies zu vermeiden, ist es vortheilhaft, dem Auge beide Farben gleichzeitig, wie in Fig. 2 darzubieten. In derselben Entfernung, in welcher bei Fig. 1 alle Linien deutlich erscheinen, wird man bei Fig. 2 entweder die beiden oberen oder die beiden unteren Quadrate am schärfsten erblicken. Diese Erscheinungen treten am deutlichsten und schönsten dioptrisch auf, wenn an Stelle der in Fig. 2 angegebenen farbigen Flächen zwei ähnlich gefärbte Gläser angewandt werden, auf welchen die Liniensysteme eingeätzt und mit einer undurchsichtigen Masse ausgefüllt sind.

Ob in Fig. 2 die beiden unteren oder die beiden oberen Quadrate deutlicher erscheinen, hängt wiederum lediglich von der Lage der stärksten Krümmung in dem betreffenden Auge ab, wie eine nähere Betrachtung sogleich zeigen wird.

---

[1]) Vgl. Burckhardt, l. c. S. 275.

Wir haben oben gesehen, dass die kleine Axe der Zerstreuungsellipse parallel der Richtung der grössten Krümmung des Auges ist, vorausgesetzt, dass die Vereinigungspunkte sämmtlicher Strahlen hinter die Netzhaut fallen. Zugleich muss aber auch unter dieser Voraussetzung die Zerstreuungsellipse, welches auch die Lage ihrer Axen sein mag, stets roth gerandet sein. Mithin wird an derjenigen Stelle, an welcher die besagte kreisähnliche Zerstreuungsfigur entsteht, die Verbindungslinie der rothen Ränder dieser Figur parallel der grossen Axe der roth gerandeten Zerstreuungsellipse sein und daher senkrecht zur Richtung der grössten Krümmung stehen. Auf rothem Grunde fällt daher die Richtung der weniger deutlich gesehenen Linien mit der Richtung der grössten Krümmung des Auges zusammen. In der angegebenen Entfernung erscheinen meinem linken Auge in Fig. 2 die beiden unteren Quadrate weniger deutlich als die beiden oberen, also auf rothem Felde die horizontalen Linien, folglich ist die Richtung der stärksten Krümmung bei diesem Auge horizontal. Bei meinem rechten Auge findet gerade das Umgekehrte statt. Diese Resultate stimmen, wie man sieht, mit den oben auf andere Weise ermittelten Thatsachen überein.

Die Stärke und Deutlichkeit aller bisher besprochenen Erscheinungen hängt natürlich von der Grösse der sie bedingenden Ursachen ab, also sowohl von der Grösse der Krümmungsdifferenzen, als auch von der Stärke der chromatischen Abweichung des betreffenden Auges. Da diese Grössen offenbar bei verschiedenen Personen verschieden sein werden, so kann auch nicht Jeder diese Erscheinungen mit gleicher Deutlichkeit wahrnehmen. Nichtsdestoweniger glaube ich, diese einfachen Versuche ganz besonders zu optometrischen Untersuchungen empfehlen zu müssen, indem hierbei die Entfernung des deutlichsten Sehens an das plötzliche Eintreten einer ganz bestimmten Erscheinung geknüpft ist. Der Beobachter hat im vorliegenden Falle über die Deutlichkeit von Liniensystemen zu entscheiden, welche dem Auge gleichzeitig dargeboten werden, während diese Vergleichungen bei den mir bekannten Optometern immer zwischen Er-

scheinungen stattfinden, die nacheinander eintreten. Eine Ausnahme hiervon macht allerdings der Scheiner'sche Versuch, welchen man indessen aus sehr triftigen Gründen[1]) in neuerer Zeit für diese Zwecke nicht mehr in demselben Umfange anwendet, als dies früher geschah. Soll die normale Sehweite der Augen einer Person bestimmt werden, so müssen sich auch vor allen Dingen die Augen unter normalen Umständen befinden. Dies ist aber beim Durchsehen durch Röhren und dem Vorsetzen von anderen Objecten vor die Augen nicht der Fall.

Ausserdem geben die mitgetheilten Versuche gleichzeitig über gewisse Eigenschaften des Auges Aufschluss, welche mir in physiologischer Beziehung nicht unwichtig zu sein scheinen.

Schönweide bei Berlin, im September 1860.

[1]) Ludwig, Physiologie 2 Aufl. I, S. 257.

Ueber eine neue Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris.

(Poggendorff's Annalen Bd. 111. S. 481 ff. October 1860.)

1.

Betrachtet man bei verschieden starker Beleuchtung beider Augen die durch Verstellen der Augenaxen erzeugten Doppelbilder eines Streifen weissen Papiers, so erscheint das dem stärker beleuchteten Auge zugehörige Bild bläulich und dunkler, das dem beschafteten Auge zugehörige Bild dagegen röthlich und heller als das andere. Dieser Unterschied wächst bis zur Ueberraschung mit der Erleuchtungsdifferenz beider Augen und der Dauer der Betrachtung.

Am einfachsten und sichersten gelingt dieser Versuch auf folgende Weise. Man stelle sich möglichst nah an ein Fenster, so dass man letzteres entweder zur Rechten oder zur Linken hat, und lasse durch seitliches Neigen des Kopfes nach der dem Fenster abgewandten Seite möglichst viel Licht in das eine Auge fallen. Um das andere so viel wie möglich zu beschatten, kann man die Handfläche senkrecht zur Ebene des Gesichtes zwischen beide Augen bringen, oder, was noch besser ist, eine kleine, etwa 11 Ctm. lange Pappröhre vor dieses Auge setzen. Erzeugt man nun mit Berücksichtigung dieser Umstände durch Verstellen der Augenaxen (Schielen) Doppelbilder von einem Streifen weissen Papiers, so tritt die besagte Erscheinung sogleich sehr deutlich hervor und erreicht nach einer Betrachtung von etwa 2 bis 3 Minuten einen solchen Grad, dass man zwei verschiedene Streifen von blau und roth gefärbtem Briefpapier zu sehen glaubt.

Der Eintritt des Maximums dieser Erscheinung wird ausserdem sehr beschleunigt, wenn man in der beschriebenen

Stellung kurze Zeit die Augen schliesst, wobei wegen der Transparenz der Lider die Erleuchtungsdifferenz immer noch in demselben Sinne wirkt. Man kann diesen Versuch beliebig modificiren, wenn man an Stelle des weissen Papierstreifens einen solchen von gefärbtem Briefpapier anwendet. Die wahrgenommenen Farbendifferenzen bestehen alsdann dem Anscheine nach aus den Mischfarben, welche aus der Farbe des Papiers und den oben beim weissen Papierstreifen wahrgenommenen subjectiven Färbungen zusammengesetzt sind. Am auffallendsten wird der Farbenunterschied bei Anwendung von blauem Briefpapier.

Um die beschriebenen Erscheinungen auch denjenigen Personen zu zeigen, welchen es aus Mangel an Uebung nicht gelingt, in der oben angedeuteten Weise Doppelbilder herzustellen, kann man das folgende Verfahren anwenden.

Man halte dicht vor jedes Auge eine etwa 15 bis 20 Ctm. lange, ovale Pappröhre, deren Oeffnung sich möglichst vollkommen den Wandungen der Augenhöhle anpasst. Betrachtet man nun mit Hülfe dieser Röhren einen Bogen weissen Papiers, so kann man durch entsprechendes Neigen der beiden Röhren die durch ihre Oeffnungen abgegrenzten elliptischen Bilder neben einander bringen und sie in Bezug auf Intensität und Farbe mit einander vergleichen. Befinden sich beide Augen unter gleichen Umständen, so werden bei normal organisirten Augen keine Unterschiede der elliptischen Bilder stattfinden. Beschattet man dagegen das eine Auge durch Vorsetzen einer Röhre, während das andere durch die in einige Entfernung gerückte Röhre das betreffende Bild betrachtet, so tritt sogleich der oben erwähnte Farben- und Intensitätsunterschied deutlich hervor. Auch hierbei stellt man sich am besten seitlich von einem Fenster, so dass das eine Auge möglichst stark beleuchtet wird.

2.

Die Ursache der beschriebenen Erscheinungen kann entweder im dioptrischen Apparat des Auges oder in den empfindenden Elementen der Retina gesucht werden, d. h. die Erklärung kann entweder eine physikalische oder physio-

logische sein. Was nun den Umstand betrifft, dass das dem stärker beleuchteten Auge angehörige Bild lichtschwächer als das andere erscheint, so liegt der Grund hiervon zunächst in der geringeren Pupillenapertur dieses Auges. Denn obgleich auch das nicht afficirte Auge stets eine mit dem afficirten übereinstimmende Irisbewegung zeigt, so ist dieselbe doch stets bei dem letzteren eine grössere[1]).

Ausserdem scheint hierbei aber auch noch ein rein physiologischer Umstand mitzuwirken. Vergegenwärtigen wir uns nämlich die Anordnung der Bilder auf der Retina des beleuchteten Auges, so ist ein grosser Theil der ersteren durch das seitlich einfallende Licht erhellt, während dicht daneben, auf dem beschatteten Theile, das Bild des Papierstreifens liegt. Nach den bekannten Thatsachen über die Contrastwirkungen[2]) scheint nun zwischen den empfindenden Elementen der Netzhaut eine derartige Beziehung zu bestehen, dass die Reizbarkeit solcher Theile derselben geringer wird, welche sich in der Nähe von stark beleuchteten befinden.

Bei den unten ausführlich zu besprechenden Versuchen mit künstlich erweiterten Pupillen werden wir ebenfalls einige Erscheinungen kennen lernen, welche zu Gunsten einer solchen Beziehung sprechen (vergl. S. 618).

Abgesehen von den Farbendifferenzen ist daher die Ursache des wahrgenommenen Intensitätsunterschiedes ebensowohl physikalischer als physiologischer Natur.

3.

Dass die beobachteten Farbenunterschiede keine physikalische Erklärung zulassen, d. h. nicht rein optisch durch eine Durchmesserverschiedenheit der einfallenden Strahlenbündel erklärt werden können, lässt sich einfach durch folgende Versuche beweisen.

[1]) Plempii Ophthalmographia I. c. 2. — Porterfield, *On the eye*, Bd. I. S. 112. — Bei Eulen soll nach Petit das nicht beleuchtete Auge sich nicht verengen, wenn Licht auf das andere fällt, was auch Blumenbach bestätigt. Vergl. Comm. Gott. Bd. VII. S. 53. — Budge, Ueber die Bewegung der Iris, Braunschweig 1855, S. 172.

[2]) M. E. Chevreul, *De la loi du contraste simultané des couleurs, et de ses applications*, Paris 1839, S. 9.

1) Man halte bei dem Verstellen der Augenaxen vor das beschattete Auge ein Kartenblatt mit einer feinen Oeffnung, so dass man hierdurch das eine Bild erblickt; die Farbe desselben wird dadurch nicht nur nicht im Sinne der kleineren Pupille verändert, sondern erhält noch einen weit grösseren Stich ins Rothe: offenbar wegen der durch das Vorhalten des Kartenblattes erzeugten vollkommneren Beschattung.
2) Wird die Pupille des einen Auges durch Anwendung von Atropin erweitert, so ist es trotz des hierdurch bewirkten, sehr bedeutenden Unterschiedes der Oeffnungen möglich, durch Beleuchtung dieses Auges auf demselben blau zu sehen.

Nach diesen beiden Versuchen ist also die Ursache der besagten Farbendifferenz allein auf physiologischem Gebiete zu suchen. Hier sind nun zunächst folgende drei Erklärungen denkbar:

I. Nach den Beobachtungen und Untersuchungen von Purkinje[1]), Dove[2]) und Helmholtz[3]) ist die Empfindungsstärke für verschiedenartiges Licht eine verschiedene Function der Lichtstärke[4]). Hieraus folgt, dass bei stärkerer Beleuchtung eines weissen Papierstreifens die rothen, bei schwächerer Beleuchtung dagegen die blauen Strahlen überwiegen müssen.

Dass wir diese Farbenunterschiede für gewöhnlich nicht wahrnehmen, erklärt sich Helmholtz auf folgende Weise. Er sagt (l. c. S. 319):

„Dass die Mischfarben dem Auge bei verschiedener Lichtstärke ziemlich unverändert erscheinen, während doch das Verhältniss der Stärke, mit der die gemischten Farben auf den Sehnervenapparat wirken, sich wesentlich verändert, scheint mir daraus erklärt zu sein, dass das Sonnenlicht, welches wir bei Tage als das normale Weiss

---

[1]) Zur Physiologie der Sinne. Bd. II. S. 109.

[2]) Ueber den Einfluss einer weissen Beleuchtung auf die relative Intensität verschiedener Farben. Monatsberichte der Berl. Academie 1852. S. 69 bis 78.

[3]) Pogg. Ann. Bd. XCIV, S. 18 bis 21.

[4]) Physiologische Optik S. 317.

betrachten, selbst bei verschiedener Lichtstärke in ähnlicher Weise seine Farbe ändern muss, wie die anderen weissen oder weisslichen Farbenmischungen, mit denen wir es vergleichen. Eine Farbenmischung, welche eben so aussieht, wie das bis zu demselben Grade der Helligkeit abgeschwächte Sonnenlicht, ist für uns weiss. Wenn also auch in der betreffenden Farbenmischung bei schwachem Lichte der Eindruck des Blauen überwiegender ist, als bei starkem Lichte, so erscheint sie doch nicht bläulichweiss, weil in dem ebenso weit abgeschwächten Sonnenlichte der Eindruck des Blau ungefähr in demselben Maasse überwiegen muss." (Einen directen Beweis für die Richtigkeit der hierin ausgesprochenen Vermuthung habe ich unten in §. 5. gegeben.)

Bei den beschriebenen Versuchen sind jedoch die Umstände zur Beobachtung jenes Farbenunterschiedes bei weitem günstiger: man sieht zwei Bilder eines weissen Streifen Papiers nebeneinander, von denen das dem beleuchteten Auge angehörige Bild dunkler und zugleich bläulich erscheint, also ganz entsprechend dem zu Grunde gelegten Erklärungsprincipe.

II. Gemäss dem in §. 2. über die Contrastwirkungen Gesagten könnte man die dort als wahrscheinlich vorausgesetzte Beziehung der einzelnen Netzhautelemente dergestalt modificiren, dass unter den dort angegebenen Umständen nicht eine für alle Farben gleichmässige Schwächung der Reizbarkeit einträte, sondern dass, um im Sinne der Young'schen Hypothese[1]) zu reden, vorzugsweise die Reizbarkeit der rothempfindenden Nervenfasern abnehme und hierdurch das dem beleuchteten Auge angehörige Bild blau erscheint.

Das Roth des anderen Bildes müsste man alsdann entweder durch Contrastwirkung erklären oder durch die Annahme einer solchen Beziehung zwischen den lichtempfindenden Elementen beider Netzhäute, dass, wenn in der einen die Reizbarkeit der rothempfindenden Elemente geschwächt,

[1]) Th. Young, *Lectures on natural philosophy.* London 1807. Helmholtz, physiol. Optik S. 291.

dieselbe in der anderen gesteigert wird, so dass sich hier in Bezug auf die Qualität des wahrgenommenen Lichtes eine ähnliche Tendenz zur Compensation vorfände, wie dieselbe in Bezug auf Quantität des einfallenden Lichtes durch die gleichzeitige Bewegung der Iris beider Augen bedingt ist[1]).

III. Der Weg, auf welchem durch Reizung des *nervus opticus* mit Hülfe des *musculus sphincter* die Pupillenverengerung stattfindet, ist ein wohlbekannter. „Es ist eine Reflexaction, ausgeführt durch die Erregung von excitirenden Fasern im *nervus opticus*, durch die Vierhügel, als Centralorgan, durch den *nervus oculomotorius* als motorischen Nerven“[2]). Die Erweiterung der Pupille wird mit Hülfe des *musculus dilatator* durch motorische Fasern im *nervus sympathicus* vermittelt[3]).

Mit Berücksichtigung dieser Thatsachen befinden sich nun bei den in Rede stehenden Erscheinungen beide Augen stets unter entgegengesetzten Zuständen der Reizung. In dem erleuchteten Auge werden die Nerven des *musculus sphincter*, in dem beschatteten die des *musculus dilatator* überwiegend gereizt[4]).

---

[1]) Vgl. Dubrunfaut, *Gazette medicale de Paris 1856, Janvier.* — Ludwig, Physiologie 2. Aufl. Bd. I, S. 280.

[2]) Budge, Ueber die Bewegung der Iris S. 92.

[3]) Ebendaselbst S. 160.

[4]) Ohne auf die Argumente Budge's näher einzugehen, durch welche derselbe den „Trieb im Dunkeln etwas zu sehen“ als den eigentlichen Reiz für die Erweiterung der Pupille betrachtet wissen will, wird es in Bezug auf die vorliegenden Fragen nicht uninteressant sein, folgende Stellen aus der mehrfach citirten Schrift des genannten Forschers hervorzuheben. Es heisst dort: (S. 160) „Wer aber auf sich selbst ... achtet, der wird sich überzeugen, dass im Dunkeln der Trieb, etwas zu sehen, erwacht und grösser und grösser wird, und mit demselben steigert sich das Sehvermögen. Es wird daher auch als die Erregung zu betrachten sein, durch welche die Centraltheile des *nervus sympathicus* in Thätigkeit versetzt werden“.

Ferner S. 163: „Unser hiesiger Physiker und Lehrer an der Universität (Bonn), Hr. Beer, hat an sich die Beobachtung gemacht, dass er die Pupille willkürlich eng oder weit machen kann, wovon ich mich in der That überzeugte. Bei demselben Lichte vermag er die Pupille nach Geheiss, wie gesagt, zu verändern. Diese Veränderung veranlasst er jedoch nur durch gewisse Vorstellungen; wenn er nämlich sich einen sehr dunklen

Es liegt daher der Gedanke nahe, zwischen diesen, stets sich begleitenden Erscheinungen einen Causalnexus vorauszusetzen, so zwar, dass bei einer Reizung des *nervus oculomotorius* (Contraction der Pupille) die Empfänglichkeit der Netzhaut für blaue Strahlen, bei einer Reizung des *nervus sympathicus* (Dilatation der Pupille) die Empfänglichkeit für rothe Strahlen zunimmt. Da die Reizung dieser Nerven im normalen Zustande von den angedeuteten Veränderungen der Pupillenapertur begleitet ist, so lässt sich der vorausgesetzte Zusammenhang auch als eine Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris ausdrücken, obgleich diese Bewegungen an sich nach der bisherigen Darstellung als rein accessorische Erscheinungen zu betrachten sind.

4.

Dass die erste der drei aufgestellten Hypothesen nicht die richtige sein kann, folgt einfach aus dem ersten der in §. 3. mitgetheilten Versuche. Durch das Vorhalten des Kartenblattes mit der feinen Oeffnung wird die Helligkeit des dem beschatteten Auge zugehörigen Bildes bedeutend abgeschwächt, so dass dasselbe weit lichtschwächer als das andere Bild wird und dennoch sogar röther als vorher erscheint.

Es bleibt uns also nur noch die Wahl zwischen den Hypothesen II und III. Um sich jedoch für die eine oder andere derselben zu entscheiden, ist es nothwendig, zuvor die Beobachtungen und Versuche mitzutheilen, welche an Augen mit künstlich erweiterten Pupillen angestellt worden sind.

Versuche bei künstlicher Erweiterung einer Pupille durch Atropin.

Am 23. Juli 1860 hatte Hr. Dr. med. Edm. Rose, (später Professor der Chirurgie in Zürich, gegenwärtig Nachfolger des

Raum vorstellt, so erweitert sich die Pupille um so mehr, je schärfer diese Vorstellung hervortritt; wenn er sich umgekehrt einen sehr erleuchteten Ort vorstellt, so verengt sich die Pupille. Das Letztere ist schwerer als das Erstere. Ich habe bei weiteren Untersuchungen noch mehrere Personen gefunden, welche das Vermögen besassen, die Pupille in Folge solcher Vorstellungen zu erweitern, jedoch keine einzige, die auch die Verengerung zu Stande gebracht hätte."

verstorbenen Geh. Rath Wilms am Krankenhause Bethanien in Berlin), die Güte, durch einige Tropfen einer Lösung von Atropin (in der üblichen Verdünnung) die Pupille seines linken Auges zu erweitern. Ohne auf die einzelnen Erscheinungen hierbei näher eingehen zu können, war dadurch im Allgemeinen die Tendenz zum Rothsehen auf diesem Auge grösser geworden als auf dem anderen. Dessenungeachtet erschien auch diesem Auge bei stärkerer Beleuchtung das Bild des weissen Papierstreifens bläulich, während das andere röthlich war, ganz wie im normalen Zustande.

Am 2. October 1860 wiederholte ich diese Versuche an mir selber und zwar an meinem rechten Auge. Der Pupillendurchmesser dieses Auges ist im normalen Zustande und unter gleichen Bedingungen ungefähr um 0,1 kleiner als derjenige des linken Auges. Ausserdem sehe ich mit dem rechten Auge alle Gegenstände etwas dunkler als mit dem linken unter gleichen Umständen. Ebenso erscheint mir das Weiss auf jenem Auge mit einem sehr schwachen Stich ins Grünliche.

Nach diesen Vorbemerkungen sei es mir gestattet, die an jenem Tage in den verschiedenen Stadien der Pupillenerweiterung beobachteten Erscheinungen der Reihe nach mitzutheilen.

1. $8^h\ 30^m$ Morgens. Es wurden einige Tropfen einer schwachen Lösung von *Atrop. sulph. angl.* (etwa $^1/_{13}$ Gran auf eine Unze dest. Wasser) in das rechte Auge gebracht.
2. $8^h\ 35^m$. Vor beide Augen wurden in der oben (§. 1.) beschriebenen Weise zwei gleich lange Pappröhren von ovalem Querschnitte gesetzt, welche sich den Wandungen der Augenhöhlen möglichst gut anpassten. Indem ich mich dem Fenster gerade gegenüber befand und die Röhren nach einem Bogen weissen Papiers richtete, waren die auf demselben abgegrenzten ovalen Bilder fast gleich hell; nur das rechte erschien eine Spur bläulicher.
3. $8^h\ 40^m$. Der Versuch 2 wurde mit wesentlich gleichem Erfolge wiederholt. An den Pupillen war noch keine

Wirkung des Atropins bemerkbar, sondern wie gewöhnlich die rechte etwas kleiner als die linke.

4. $8^h\ 50^m$. Die rechte Pupille ist etwas grösser als die linke und bildet eine schwache Ellipse, deren grosse Axe senkrecht steht.
5. $9^h\ 0^m$. Setzt man den Durchmesser der linken Pupille = 1, so ist derjenige der rechten etwa 1,5. Bei Wiederholung des Versuches 2 ist das rechte Bild um weniges weisser und heller als das linke. Diese Intensitätsdifferenz ist jedoch bei weitem geringer, als man nach dem Verhältniss der Pupillenöffnungen erwarten sollte.
6. $9^h\ 10^m$. Es wurde der in §. 1. beschriebene Fundamentalversuch sowohl beim Verstellen der Augenaxen als auch mit Anwendung von Röhren angestellt. Obgleich die rechte Pupille auch beleuchtet stets grösser blieb als die linke, so konnte hierdurch dennoch die Helligkeit beider Bilder nicht nur gleich, sondern sogar die des linken grösser als die des rechten gemacht werden. (Vgl. §. 2.) Wurde das rechte Auge dem Lichte ausgesetzt, so waren die entsprechenden Farbenunterschiede beider Bilder entschieden grösser als im umgekehrten Falle; namentlich war das Roth intensiver.
7. $9^h\ 30^m$. Der Durchmesser der rechten Pupille ist etwa 4,5 von demjenigen der linken. Die Tendenz zum Rothsehen ist sehr entschieden auf dem rechten Auge grösser.
8. $9^h\ 45^m$. Bei Beleuchtung des rechten Auges dauert das Eintreten des Farbenunterschiedes länger als im umgekehrten Falle. Das Roth ist auf dem linken Auge schmutziger und weniger intensiver als auf dem rechten.
9. $10^h\ 45^m$. Der Durchmesser der rechten Pupille ist etwa 5mal grösser als derjenige der linken. Die nun folgenden Versuche wurden stets mit Anwendung der Röhren angestellt, ohne hierbei die Richtung der Augenaxen zu verändern.

a) Wurde das rechte Auge erleuchtet, so war das Blau, welches hierdurch entsteht, weniger ausgesprochen als bei Beleuchtung des linken Auges. Wurde an Stelle

des weissen Papiers grünes genommen, so trat bei Beleuchtung des linken Auges eine weit entschiedeneres Blaugrün ein als nach ebenso langer Beleuchtung des rechten Auges. Wurde bei Betrachtung eines mit Ultramarin gefärbten Bogens das rechte Auge erleuchtet, so erhält das diesem Auge angehörige Bild einen Stich ins Grüne, während dies bei umgekehrter Stellung gar nicht oder jedenfalls nicht in dem Maasse der Fall war.

b) Wurden die Augenlider unter den angegebenen Bedingungen kurze Zeit geschlossen, so beschleunigte dies den Eintritt des grössten Farbenunterschiedes. Bei Beleuchtung des linken Auges trat die entsprechende Farbendifferenz schneller ein als bei der Beleuchtung des rechten.

c) Wird durch Schliessen der Augenlider in der beschriebenen Weise der Eintritt der Farbenunterschiede beschleunigt, so findet ein wesentlicher Unterschied in den beobachteten Erscheinungen statt, je nachdem das linke oder das rechte Auge beleuchtet wird. Im ersten Falle bleibt der beim Schliessen erzeugte Farbenunterschied *ceteris paribus* auf derselben Grösse, wie man ihn unmittelbar nach dem Oeffnen der Lider wahrnimmt. Im zweiten Falle dagegen sinkt dieser anfangs dem Anscheine nach ebenso grosse Unterschied unter denselben Bedingungen sehr schnell bis zu einem gewissen constanten Werthe herab.

Die Versuche wurden um $11^h\ 10^m$ unterbrochen.

Schönweide, den 4. October 1860.

10. $8^h\ 45^m$ Morgens. Die am 2. October mit Atropin behandelte Pupille des rechten Auges hatte immer noch einen um etwa 0,1 grösseren Durchmesser als die des linken Auges.

Beide Augen mit Röhren versehen und auf einen Bogen weissen Papiers gerichtet, zeigten unter gleichen Umständen keinen merklichen Intensitätsunterschied. Das rechte Bild erschien nur eine Spur bläulicher, ähnlich wie im Versuch 2.

Wurde das linke Auge beleuchtet, so trat der Unterschied nur langsam ein; die Farbendifferenz war nur schwach.

Wurde dagegen das rechte Auge beleuchtet, so trat der Farbenunterschied fast plötzlich ein und war namentlich das Blau sehr entschieden ausgesprochen.

11. $9^h\ 0^m$. Beide Augen wurden gleichmässig dem Lichte ausgesetzt, indem ich mit weit geöffneten Augen ausserhalb des Fensters nach dem Himmel blickte. Nachdem dies etwa 4 bis 6 Sekunden lang gedauert hatte, sah ich schnell mit Vorsetzung der beiden Röhren nach einem Bogen weissen Papiers und fand das rechte Bild entschieden bläulich, das linke entschieden röthlich. Dieser Unterschied war bei weitem weniger auffallend, wenn ich mit geschlossenen Lidern meine Augen dem Himmelslichte aussetzte.

Erst am 22. October konnte ich diese Versuche wieder aufnehmen. An diesem Tage hatten die Pupillen vollkommen ihr normales Durchmesserverhältniss wieder erlangt, d. h. der Durchmesser der rechten war ungefähr um 0,1 kleiner als derjenige der linken. (Vgl. §. 4.)

Ich wiederholte den Versuch 11. mit wesentlich gleichem Erfolge, nur schien mir die Farbendifferenz weniger stark zu sein als am 4. October.

Bei Wiederholung des Versuches 10. zeigte sich durchaus keine solche Zeitdifferenz im Eintritt der Erscheinungen, wie dies am 4. October in so auffallender Weise geschehen war, je nachdem das rechte oder linke Auge beleuchtet wurde.

5.

Es soll jetzt zunächst untersucht werden, ob zur Erklärung der bisher beschriebenen Phänomene eine Beziehung beider Netzhäute von der in Hypothese II (§. 3.) angedeuteten Art vorausgesetzt werden muss, oder ob beide als vollkommen unabhängig von einander betrachtet werden können. Im letzteren Falle muss es möglich sein, auch durch gleichzeitiges

Beschatten oder Erleuchten beider Augen die entsprechenden Färbungen hervorzurufen, während im ersten Falle hierbei eine theilweise Compensation dieser Farben eintreten müsste.

Ich stellte deshalb den folgenden Versuch an. Ein dicht an das geöffnete Fenster gesetzter kleiner Tisch wurde mit einem schwarzen Tuche bedeckt und darauf ein Streifen weissen Papiers gelegt. Indem ich mich nun dem Fenster gegenüber dicht an den Tisch stellte, konnte ich durch Anwendung eines gebogenen Pappschirmes, welcher dicht an die Stirn gelegt wurde, abwechselnd beide Augen beschatten oder durch das einfallende Himmelslicht erleuchten. Obgleich nun hierbei sorgfältig darauf geachtet wurde, dass der weisse Papierstreif stets dieselbe Beleuchtung behielt, so war es mir dessenungeachtet nicht möglich, irgend welche Farbendifferenzen ähnlich den früher beschriebenen mit Entschiedenheit zu beobachten. Es wäre indessen voreilig, diesen Versuch als einen Beweis für die Abhängigkeit beider Netzhäute zu betrachten, da es eine bekannte Thatsache ist, dass man sich sehr schnell an einen gewissen Farbenton gewöhnt, wenn es an Vergleichungsfarben fehlt. Um mich jedoch hiervon mit Rücksicht auf die in Rede stehenden Beobachtungen unmittelbar zu überzeugen, stellte ich den folgenden Versuch an.

Das eine Auge wurde bei geschlossenem Lide beleuchtet und mit dem anderen, beschatteten, der weisse Papierstreif betrachtet. So lange das beleuchtete Auge geschlossen war, behielt das Papier für mein Urtheil vollkommen seine weisse Farbe. Damit sich nun beim Oeffnen des Lides beide Augen unter gleichen Umständen befinden, stellte ich mich nach beendeter Einwirkung des Lichtes schnell dem Fenster gerade gegenüber und öffnete erst in dieser Stellung das vorher beleuchtete Auge. Das diesem Auge angehörige Bild erschien nun entschieden bläulich und das bisher scheinbar unverändert gebliebene plötzlich röthlich. Dieser Versuch gelingt ebenso gut, wenn man im Anfange der Betrachtung das Bild des beschatteten Auges von der Vergleichung ausschliesst. Man bemerkt dann ebenso wenig eine Zunahme der blauen Töne in dem zum beleuchteten Auge gehörigen Bilde. (Vgl. §. 3. II.)

Hieraus folgt, dass es beim allmäligen Uebergange von Farbentönen nicht möglich ist, dieselben in zeitlicher Aufeinanderfolge wahrzunehmen.

Beruht indessen das Auftreten der beschriebenen Farbentöne wirklich auf einer veränderten Reactionsthätigkeit der Netzhaut gegen Strahlen verschiedener Brechbarkeit, so müssen diese Veränderungen bei Betrachtung eines Spectrums von gewissen räumlichen Veränderungen in der Farbenanordnung desselben begleitet sein. Es steht daher zu erwarten, dass durch eine auf geeignete Weise angestellte Spectraluntersuchung die in Rede stehende Frage am einfachsten und sichersten entschieden werden kann.

Versuche am Spectrum.

In einem nicht verfinsterten, nach Süden gelegenen Zimmer wurde ganz in der Nähe der Fensters ein Flintglasprisma so aufgestellt, dass die brechende Kante horizontal lag und sich das hierdurch erzeugte, etwa 5 bis 6 Zoll lange Spectrum in 4 Fuss Entfernung auf einem Bogen weissen Papiers am Fussboden projicirte.

Ich stellte mich nun dem Fenster so gegenüber, dass sich das Spectrum dicht zu meinen Füssen befand. Durch Anwendung des oben beschriebenen Schirmes konnte ich bei möglichst gerade gerichtetem Kopfe meine Augen abwechselnd beschatten oder durch directes Sonnenlicht erleuchten.

Ich beobachtete hierbei folgende höchst auffallende Erscheinungen.

1. Bei gleichzeitiger Beschattung beider Augen erstreckt sich plötzlich die Zone des Blau bedeutend in den violetten und sehr lichtschwachen Theil des Spectrums hinein, um bei eintretender Beleuchtung ebenso plötzlich seine früheren Grenzen wieder einzunehmen. Das Violett tritt bei der Beleuchtung überraschend schön und glänzend hervor.
2. Am rothen Ende beobachtet man beim Eintritt der Beleuchtung plötzlich eine sehr deutliche Verkürzung und eine Annäherung des Farbentones an Orange. Bei Eintritt der Beschattung verlieren sich diese Ver-

änderungen ebenso plötzlich wieder: Das Roth verlängert sich und verliert den Stich ins Orange.

3. Die angegebenen Erscheinungen treten bei monocularer Betrachtung sowohl[1]) qualitativ als quantitativ, unter denselben Bedingungen ebenso deutlich ein, und sind überhaupt so intensiv, dass sie einem Jeden ohne Mühe gezeigt werden können. Es genügt auch schon das blosse Beschatten der Augen durch die Handfläche.

Aus dem zuletzt angeführten Versuche (3.) scheint nun hervorzugehen, dass eine derartige Beziehung beider Netzhäute, wie dieselbe der Hypothese II zu Grunde gelegt wurde, nicht stattfinde, denn alsdann müsste, wie schon oben bemerkt, bei binocularer Betrachtung unter gleichen Bedingungen eine theilweise Compensation der Farbentöne eintreten, was jedoch nach den mitgetheilten Thatsachen nicht der Fall ist. Indessen bedarf dies jedenfalls noch einer weiteren Bestätigung.

Aber auch der eigentliche Kern jener Hypothese ist unhaltbar, denn hiernach müsste das Blausehen desto intensiver auftreten, je grösser und stärker beleuchtet der betreffende Theil der Netzhaut ist, was offenbar bei demjenigen Auge der Fall war, dessen Pupille so bedeutend durch Atropin erweitert wurde. Nichtsdestoweniger war gerade auf diesem Auge den mitgetheilten Beobachtungen zufolge die Tendenz zum Rothsehen überwiegend und das Blau weniger deutlich ausgesprochen (vgl. §. 4. Vers. 9 *a*). Es bleibt daher nichts anderes übrig als die Hypothese III zum Ausgangspunkte unserer Erklärungen zu wählen. In der That wird es uns mit Hülfe dieses Princips möglich sein, gewisse charakteristische Erscheinungen zu deuten, welche bei den oben beschriebenen Versuchen mit der künstlich erweiterten Pupille beobachtet worden sind.

---

[1]) In derselben Stellung. Am stärksten, fast bis zum gänzlichen Verschwinden des Roth, bei seitlicher Incidenz des Sonnenlichtes.

6.

Nach den Untersuchungen Budge's[1]) besteht die Wirkung der Belladonna auf das Auge vorzugsweise in einer Lähmung der cylindrischen Irismuskeln, ohne dass es nothwendig ist, hierbei eine gleichzeitige Nervenwirkung auszuschliessen. Nur muss der Einfluss der letzteren auf die Dilatation jedenfalls von untergeordneter Bedeutung sein, da eine Erweiterung der Pupille durch Atropin auch dann noch deutlich beobachtet worden ist, wenn sämmtliche Ciliarnerven durchschnitten waren. „Erwägt man ferner die Thatsache, dass der *m. sphincter* leichter erregt wird, aber auch leichter abstirbt als der *m. dilatator*, der viel länger reizbar bleibt; erwägt man ferner, dass der erstere Muskel die Pupille mehr verengt, als der letztere sie erweitert, so folgt daraus, dass die Belladonna, welche den beiden cylindrischen Muskeln Contractilität und Tonus momentan raubt, doch mehr auf den *m. sphincter* als *dilatator* lähmend wirkt, d. h. vorwaltend erweitert. Der *n. sympathicus*, der im natürlichen Zustande eine viel grössere Widerstandsfähigkeit hat als der *n. oculomotorius*, wird den Muskel, dem er angehört, gegen die lähmende Einwirkung der Belladonna länger schützen, als der *n. oculomotorius* den *m. sphincter*. Wenn aber der eine Muskel noch lebt, während der andere momentan todt ist, so wird bei fortbestehender Kraft in beiden motorischen Irisnerven nur die sich äussern können, welche zu noch widerstehenden Muskelfasern geleitet wird"[2]).

Mit Berücksichtigung des Angeführten und unter der jedenfalls sehr wahrscheinlichen Annahme, dass die Belladonna nicht ausschliesslich auf die Irismuskeln, sondern gleichzeitig auch in geringem Maasse auf die entsprechenden Nerven in analoger Weise wirke, erkläre ich mir nun unter Annahme der Hypothese III einige der in §. 4. angegebenen Erscheinungen auf folgende Weise.

Da im Allgemeinen der lähmenden Wirkung eines Agens stets eine Erregung vorausgehen muss, so wird es bei der

---

[1]) Budge, Ueber die Bewegung der Iris S. 184.

[2]) Ebendaselbst S. 184.

leichteren Erregbarkeit des *m. sphincter* resp. *n. oculomotorius* im Anfang der Einwirkung des Atropins auf die Iris einen Zustand geben, in welchem jener Nerv durch Einwirkung des Lichtes auf die Retina stärker afficirt wird als der entsprechende Nerv auf dem gesunden Auge. Dies heisst aber im Sinne unserer Hypothese nichts anderes, als dass das afficirte Auge in diesem Stadium bei Beleuchtung stärker blau sehen muss als das gesunde. Dieser Fall trat auch wirklich bei Versuch 6 ein.

Schon 20 Minuten später (Versuch 7) war dieser gesteigerten Reizbarkeit eine partielle Lähmung gefolgt und es musste daher auf dem mit Atropin behandelten Auge eine vorwiegende Tendenz zum Rothsehen eintreten.

Ebenso erkläre ich mir durch diese theilweise Lähmung des besagten Nerven sowohl das schnellere Eintreten der Farbendifferenz bei Beleuchtung des gesunden Auges in Versuch 9 *b* als auch das höchst charakteristische Herabsinken derselben in Versuch 9 *c*. Woher es komme, dass durch Schliessen der Lider der Eintritt des Maximums der Farbendifferenz so bedeutend beschleunigt wird, vermag ich mir bis jetzt nicht zu erklären. (Vgl. Nachtrag, S. 628.)

Versuche mit Anwendung anderer Reize als Licht zur Erzeugung der Irisbewegung.

Ein directer Beweis für die Richtigkeit der diesen Erklärungen zu Grunde gelegten Hypothese würde nun offenbar darin bestehen, dass man durch andere als Lichtreize, z. B. durch elektrische Reize, nach Belieben jene Bewegungen der Iris erzeugte und beobachtete, ob dieselben von den entsprechenden Farbenwandlungen begleitet sind oder nicht. Zugleich würde sich auf diesem Wege die bisher noch unberührt gebliebene Frage entscheiden lassen, welche der beiden Irisbewegungen — die Contraction oder Dilatation — am meisten bei den beschriebenen Erscheinungen betheiligt ist, oder ob vielleicht gar nur die Reizung des einen der oben näher bezeichneten Nerven die veränderte Reactionsthätigkeit der Retina bedingen kann.

Ich wiederholte daher die Versuche von Fowler[1]) und Reinhold[2]) an mir selber, ohne dass es mir jedoch bis jetzt gelungen wäre, mit Sicherheit die entsprechenden Irisbewegungen wahrzunehmen, obgleich ich durch Anwendung einer mehrpaarigen Säule die Reizung der Nasen- und Augenäste des *n. trigeminus* so weit steigerte, als es der hierdurch erzeugte Schmerz und Thränenfluss nur irgend gestatteten.

Ich verzichtete daher auf die Anwendung der elektrischen Reizung und wandte mich zu folgenden Versuchen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass bei Convergenz der Augenaxen eine Pupillenverengerung eintritt[3]). Das früher angegebene Erzeugen von Doppelbildern bewirke ich durch eine solche Convergenz meiner Augenaxen, und zwar habe ich diese Bewegung so sehr in der Gewalt meines Willens, dass ich bis zu einem gewissen Grade jede beliebige Entfernung der beiden Bilder dauernd fixiren kann. Ich bat nun Hrn. Dr. H. und meinen Bruder, die Pupillen meiner Augen während der besagten Verstellung der Augenaxen zu beobachten; beide waren über die hierbei eintretende starke Verengerung, namentlich der Pupille des linken Auges, im hohen Grade überrascht. Diese Contraction trat ebenso deutlich und schnell ein, wenn das eine Auge mit der Hand verdeckt wurde. Unter dieser Bedingung betrachtete ich in einem mässig verfinsterten Zimmer das in der obigen Weise erzeugte Spectrum. Indem ich nun bei monocularer Betrachtung die Pupillen stark contrahirte, sah ich genau dieselben Erscheinungen[4]) eintreten, wie wenn diese Contraction reflectorisch durch Licht erzeugt wird. Nur erfordert es einige Aufmerksamkeit, um, wegen der gleichzeitig veränderten Accommodation, die Raumveränderungen am rothen Ende zu beobachten. Indessen das höchst charakteristische Hervortreten des glänzenden Violett und das Matterwerden des Roth sind

---

[1]) Fowler, *Experiments and observations. Edinb. 1783, p. 88.*

[2]) Reinhold, *De galvanismo, Lips. 1797, p. 89.* — Vgl. auch E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität, I. S. 345 bis 354.

[3]) Ludwig, Physiologie, I, S. 280.

[4]) Wenn auch weniger stark.

für mich so unzweideutig, dass ich keinen Anstand nehme, diesen Versuch als einen für die Richtigkeit unserer Erklärung entscheidenden zu betrachten.

Was schliesslich die oben berührte Frage wegen der vorwiegenden Betheiligung der beiden die Irisbewegung vermittelnden Nervenreize betrifft, so glaube ich aus der Schnelligkeit, mit welcher den Veränderungen des Lichtreizes die entsprechenden Farbenänderungen folgen (und mit Berücksichtigung der von Budge (l. c. S. 73) über die Verkürzungsdauer der Irismuskeln angeführten Thatsachen), jedenfalls der Reizung des *n. oculomotorius* den grössten, wenn nicht ausschliesslichen Antheil an den mitgetheilten Erscheinungen zuschreiben zu müssen.

Abgesehen von jeder physiologischen Theorie können wir das Resultat unserer ganzen Untersuchung folgendermaassen ausdrücken:

Die Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Wellenlänge des Lichtes verändert sich im normalen Zustande der Augen mit der Oeffnungsweite der Pupille, so zwar, dass bei abnehmender Oeffnung die den stärker brechbaren, bei zunehmender Oeffnung die den weniger brechbaren Strahlen zugehörigen Farbenempfindungen überwiegen.

Durch die Existenz dieser Beziehung zwischen der Retina und den Bewegungen der Iris wird die oben (3. I.) angeführte Erscheinung, dass bei zunehmender Beleuchtung die rothen, bei abnehmender dagegen die blauen Farbentöne überwiegen, innerhalb gewisser Grenzen compensirt.

Bestände jene Beziehung zwischen Farbenperception und Irisbewegung nicht, so würde uns des Nachts der Himmel noch blauer, bei Tage dagegen weniger blau als jetzt erscheinen.

Schönweide bei Berlin, im October 1860.

Nachtrag zur vorstehenden Abhandlung.

(Poggendorff's Annalen Bd. 111, S. 660. November 1860.)

Nach einer mir leider erst jetzt bekannt gewordenen Abhandlung Sir David Brewster's[1]) sind die bei verschiedener Beleuchtung beider Augen auftretenden Färbungen der Doppelbilder eines Streifen weissen Papiers zuerst von Herrn Dr. Smith in Forchabers beobachtet worden. Hr. E. Brücke erklärt in seinen „Untersuchungen über subjective Farben"[2]) diese Erscheinung durch das rothe, diffuse Licht, welches durch die Sclerotica und Chorioidea auf die Retina fällt und diese auf dem beleuchteten Auge relativ unempfindlich macht gegen die rothen Strahlen des durch die Pupille einfallenden Lichtes. — Ich stelle durchaus nicht in Abrede, dass dieser Umstand das Auftreten der besagten Färbungen begünstigt und namentlich die schnellere Entwickelung derselben bei geschlossenen Lidern erklärt. Ob es aber möglich sei, hierdurch alle die von mir angegebenen Versuche und Beobachtungen bei künstlich erweiterten und willkürlich contrahirten Pupillen, vorzugsweise aber die auffallenden Erscheinungen am Spectrum zu erklären — dies zu entscheiden muss ich bis auf Weiteres einer vorurtheilsfreien Kritik der Physiker und Physiologen überlassen.

Schönweide bei Berlin, den 26. Novbr. 1860.

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. XXVII, S. 490. Ueber Schwingungen in der Netzhaut etc.

[2]) Denkschriften der kaiserl. Akademie d. W. zu Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. III, 1852, S. 95.

Zur Geschichte und Theorie der durch Lichtreize erzeugten partiellen Farbenblindheit.

(1881.)

Der oben (S. 610) von mir mitgetheilte Versuch ist fast um dieselbe Zeit von Professor Fechner zum Gegenstande einer eingehenden Untersuchung gemacht und unter der Bezeichnung: „Der seitliche Fensterversuch“ in seiner berühmten Abhandlung „Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens“ im V. Bande der Abhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften (Leipzig 1861) ausführlich beschrieben worden. Ich lernte diese Abhandlung erst im Mai des Jahres 1862, unmittelbar nach meiner Uebersiedlung nach Leipzig, kennen, als mir dieselbe von Professor Fechner zum Geschenk gemacht wurde. Zu meiner grössten Ueberraschung fand ich unter den zahlreichen Personen welche Fechner zur Controle seiner Beobachtungen namentlich angeführt hat, vielfach auch meinen Namen erwähnt, obschon ich mich selber zur Zeit der Fechner'schen Beobachtungen noch in Basel befand, wo ich eifrig mit Prüfungen meines neu erfundenen Astrophotometers an künstlichen Sternen beschäftigt war[1]).

---

[1]) In meinen „Grundzügen einer allgemeinen Photometrie des Himmels“ (1861) befindet sich laut gedruckter Angabe auf Seite 31 noch eine zu Basel am 20. October 1859 ausgeführte Beobachtungsreihe. Fechner erklärt aber S. 558 in seiner oben citirten Abhandlung wörtlich: „Alle Versuche dieser Abhandlung sind im Jahre 1859 angestellt, und die in der Abhandlung vorkommenden Daten also auch auf dieses Jahr zu beziehen.“ In meinem Tagebuche habe ich den Tag, an welchem ich im Jahre 1860 zum ersten Male die Verschiedenheit der Farbentöne beider Doppelbilder bei einseitiger Beleuchtung der Augen unabhängig von früheren Beobachtern entdeckte, mit folgender Bemerkung versehen:

Fechner beschreibt S. 511 a. a. O. den erwähnten Versuch wörtlich wie folgt:

„Der seitliche Fensterversuch."

Der Versuch, welchen ich der Kürze halber mit obigem Namen bezeichne, bietet, so einfach er ist, doch ein mehrseitiges Interesse dar, ergänzt sich mit denen der vorhergehenden Abschnitte aus einem unten anzugebenden Gesichtspuncte, und ist bis jetzt noch nicht nach allen Beziehungen vollständig erklärt.

Man lege auf den am Fenster stehenden Beobachtungstisch ein weisses Feld auf schwarzen Grund — wie gewöhnlich wende ich dazu ein Quadrat von etwa $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll Seite auf einem halben oder ganzen Bogen schwarzem Russpapier an — stelle sich, anstatt wie sonst immer dem Fenster gegenüber, an die eine Seite des Tisches, beispielsweise mit der rechten Seite gegen das Fenster, fixire erst einfach mit beiden Augen das weisse Feld und schiebe dann ein Doppelbild desselben auseinander. . . .

Das Auge, was der seitlichen Stellung gegen das Fenster dem Fenster näher ist, wird folgends stets mit *N*, das daran entferntere mit *E* bezeichnet. Es gilt nun Folgendes:

„Das Bild in dem vom Fenster entfernteren Auge, dem Auge *E*, also bei ungleichseitigem Doppeltsehen das dem Fenster nähere, bei gleichseitigem das vom Fenster entferntere Bild, scheint entschieden als das lichtere." . . (S. 312)

„Fast immer findet man an den Componenten des auseinandergeschobenen Doppelbildes bei dem seitlichen Fensterversuche Färbungsunterschiede, die ebenfalls mit dem Beleuchtungsunterschiede zusammenhängen. Bei hellem Himmel scheint das Phänomen des Färbungsunterschiedes constant zu sein, indem nicht nur ich selbst, sondern alle meine Mitbeobachter, auch in andern Zimmern als dem meinigen, hierbei das dunklere Bild, also je nach ungleichseitigem oder gleichseitigem Doppeltsehen das vom Fenster entferntere oder demselben nähere blau, oft sehr schön blau, sahen, indess das hellere entweder weiss oder, und zwar gewöhnlich, etwas röthlich oder gelbröthlich erscheint, doch immer schwächer farbig als das blaue. Wechselt man mit gleichseitigem oder ungleichseitigem Doppeltsehen, so wechselt auch die Lage der Färbungen.

„Es macht einen grossen Unterschied in der Deutlichkeit der Färbung des dunkleren Bildes, ob man dieses oder das helle fixirt." (S. 515.)

„Diesen Einfluss der Fixationsweise auf das Deutlicherwerden der blauen Färbung fanden auch Dove, Grabau und Zöllner bestätigt, und nicht minder auffällig, als ich selbst.

„1860 am 9. August (Donnerstag) Auffindung des einfachen Versuches über die Verschiedenheit der Farbentöne beider Augen."

Fechner hat also thatsächlich seine Versuche ungefähr ein Jahr früher angestellt als ich die meinigen.

„Dove, Grabau und ich haben ungleichseitiges Doppeltsehen. Funke und Hankel, welche gleichseitiges haben, sahen das hier dem Fenster nähere blaue Bild in von einander unabhängigen Versuchen auffallend lichter werden (das Blau aufleuchten, wie sich Funke ausdrückte), wenn die Fixation vom blauen auf das andere Bild gewandt wurde, welches Funke weiss, Hankel röthlich sahe. Funke erklärte sich zugleich für eine damit eintretende lebhaftere Färbung des Blau; Hankel und Ruete (die ich wegen der Helligkeitsverhältnisse nicht befragt habe) konnten eine zunehmende Färbung hierbei nicht entschieden erkennen. Zöllner aber fand, wenn er mit gleichseitigem und ungleichseitigem Doppeltsehen wechselte, den Vortheil des indirecten Sehens für das Deutlicherwerden der Färbung beidesfalls gleich gross." (S. 516)

Die in vorstehenden Sätzen von Fechner namentlich angeführten Personen sind der vor einigen Jahren in Berlin verstorbene Physiker und Meteorologe Dove, der hiesige Oberlehrer Dr. Grabau, der in Freiburg verstorbene Professor der Physiologie Funke, der hiesige Professor der Physik Hankel, der verstorbene Professor der Ophthalmologie Ruete und der Privatgelehrte Julius Zöllner, früher Assistent der Physik bei Herrn Hankel, gegenwärtig verdienstvoller populärer Schriftsteller[1]) und beliebter Gesellschafter.

Bereits in meiner im vorigen Jahre erschienenen Schrift „Zur Aufklärung des deutschen Volkes" S. 121 hatte ich gelegentlich auf eine interessante Verwechslung meiner Person mit derjenigen des „schwarzen" oder „schönen Zöllner", wie mein Namensvetter zum Unterschiede von mir genannt wird, aufmerksam gemacht. Während jedoch die Folgen der dort erwähnten Verwechslung bei geringerer Gewissenhaftigkeit von meiner Seite höchstens das Motiv zu einem galanten Abenteuer hätte liefern können, liegt im vorliegenden Falle die Sache derartig, dass möglicherweise irgend ein Literat, welcher dereinst zufällig von der obigen Arbeit Fechner's Kenntniss erhält und in derselben a. a. O. meinen Namen unter den erwähnten Mitarbeitern findet, mit bestem Erfolg im Publicum den Glauben verbreiten könnte, ich sei zuerst durch die gemeinsam mit Fechner angestellten Beobachtungen auf jenen interessanten Versuch geführt worden

[1]) Mitarbeiter an dem bei Otto Spamer erschienenen „Illustrirten Conversationslexicon" und „Buch der Erfindungen".

und hätte denselben trotzdem, ohne Fechner's Namen zu nennen, später als meine eigene Entdeckung in Poggendorff's Annalen veröffentlicht.

Diese irrthümliche Annahme wird nun von Fechner selber durch eine in den Berichten der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften[1]) veröffentlichte zweite Abhandlung: „Ueber den seitlichen Fenster- und Kerzenversuch", (Oeffentliche Sitzung am 1. Juli 1861) einfach widerlegt, indem Fechner in dieser Abhandlung S. 30 wörtlich Folgendes bemerkt:

„Als Fensterversuch ist der Versuch nach Erscheinen meiner Abhandlung, doch ohne Kenntniss von derselben oder den vorerwähnten Versuchen Anderer zu haben, von F. Zöllner unter dem Titel: „Ueber eine neue Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris" in Pogg. Ann. CXI S. 481 ff. beschrieben, eine von den früheren abweichende Erklärung davon gegeben, und eine nachträgliche Bezugnahme auf die ihm wie mir erst später bekannt gewordenen Versuche von Smith und Brücke in Pogg. Ann. CXI S. 660 ff. hinzugefügt worden. Im Factischen stimmen seine Beobachtungen ebenfalls wesentlich mit den meinigen überein."

„Erst nach dem Erscheinen meiner Abhandlung bin ich durch eine briefliche Notiz von Dr. Aubert darauf aufmerksam geworden, dass der Versuch mit Kerzenlicht nichts Neues, sondern schon früher von Dr. Smith in Forchabers angestellt[2]), später von Brewster[3]) wiederholt und von einem Erklärungsversuche begleitet, endlich von Brücke[4]) aufs neue in Betracht genommen, abändernden Wiederholungen unterworfen und neu erklärt worden sei, welche Versuche mir entgangen oder vielmehr entfallen waren."

Helmholtz hat in seiner „Physiologischen Optik" S. 409 u. 792 denselben Versuch mit Berücksichtigung der früheren Beobachtungen von Smith, Brewster, Brücke und Fechner behandelt und schliesst sich im Wesentlichen der Erklärung Brücke's an. Helmholtz citirt auch im Literaturverzeichniss S. 795 a. a. O. meine oben abgedruckte Abhandlung „Ueber eine neue Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris" unmittelbar neben der Arbeit Fechner's, ohne jedoch die von mir beschriebene Verkürzung am rothen

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Ges. d. W. Mathem.-phys. Classe. Bd. XIII. (1861) S. 27—56.

[2]) *Edinb. of Sc. Vol. V. p. 25.*

[3]) Pogg. Ann. XXVII. S. 493.

[4]) Ebend. LXXXIV. S. 120.

Ende des Spectrums in dem seitlich beleuchteten Auge zu berücksichtigen, welche sich weder psychologisch (vgl. Helmholtz a. a. O.) noch physiologisch durch die unbegrenzte Verbreitung von diffusem rothen Licht auf der Retina im beleuchteten Auge erklären lässt. Man kann sich von dieser Thatsache sehr leicht überzeugen, indem man künstlich rothes Licht durch Reflexion von einer dicht an das Auge gebrachten durchsichtigen Glasplatte auf der Netzhaut verbreitet[1]). Beobachtet man alsdann unter den oben angegebenen Bedingungen das Spectrum, indem man zugleich sorgfältig das seitliche Eindringen von Licht durch die transparenten Theile des Augapfels verhindert, so beobachtet man keine Verkürzung des Spectrums am rothen Ende, sondern lediglich die aus der Mischung mit Roth resultirenden Veränderungen der einzelnen Farbentöne.

Was meine vor 20 Jahren ausgesprochenen Ansichten über die wesentlichen Ursachen dieser merkwürdigen Erscheinung betrifft, so bin ich gegenwärtig in der glücklichen Lage, dieselben nicht nur in ihrem vollen Umfange aufrecht zu erhalten, sondern ihnen auch, wie ich glaube, neuere Beobachtungen zur Stütze hinzufügen zu können.

Ich habe, um noch einmal kurz meine Anschauung zu wiederholen, die erwähnten Farben- und Intensitäts-Verschiedenheiten der beiden Componenten eines bei seitlicher Beleuchtung erzeugten Doppelbildes als die Wirkung einer durch Nervenreize erzeugten partiellen Farbenblindheit aufgefasst. Die hierbei in Frage kommenden Nerven waren der *nervus oculomotorius* und der *nervus sympathicus*. Da nun im normalen Zustande des Auges bei Reizung des ersten Nerven stets eine Verkleinerung, bei Reizung des zweiten

---

[1]) Ich wandte hierzu eine in einem geschwärzten Holzkästchen unter einem Winkel von 45° gegen die Gesichtslinie geneigte Glasplatte an. Dieselbe wird durch eine seitlich angebrachte matt geschliffene rothe Glasplatte, auf welche man Licht fallen lässt, beleuchtet. Betrachtet man nun mit dieser dicht vor das Auge gehaltenen Vorrichtung irgend einen Gegenstand, so ist über demselben unbegrenztes diffuses rothes Licht verbreitet, welches sich mit dem von der Körperoberfläche reflectirten farbigen Licht mischt.

Nerven stets eine Vergrösserung der Pupillenapertur stattfindet, so habe ich die erwähnten Erscheinungen als eine „Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris" bezeichnet, ohne hierdurch selbstverständlich einen physikalischen Causalnexus zwischen der Pupillenapertur als solcher (ohne gleichzeitige Reizung der beiden oben erwähnten Nerven) ausdrücken zu wollen. Einem solchen Missverständniss meiner Arbeit glaubte ich sowohl durch directe Versuche (§. 3.) als durch die ausdrückliche Erklärung auf S. 616 vorgebeugt zu haben[1]), indem ich wörtlich bemerke:

„Da die Reizung dieser Nerven im normalen Zustande von den angedeuteten Veränderungen der Pupillenapertur begleitet ist, so lässt sich der vorausgesetzte Zusammenhang auch als eine Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris ausdrücken, obgleich diese Bewegungen an sich nach der bisherigen Darstellung als rein accessorische Erscheinungen zu betrachten sind."

Die Behauptung, dass Theile der Netzhaut, welche nicht direct von Lichtreizen getroffen werden, sondern sich in der Nähe gereizter Stellen befinden, partiell farbenblind werden können, hat zuerst vor 50 Jahren Sir David Brewster[2]) ausgesprochen, und zwar gerade bei Erwähnung der zuerst von Smith in Forchabers, und später von Fechner und mir gänzlich unabhängig beobachteten Farben- und Intensitätsverschiedenheit der beiden Componenten eines bei seitlicher Beleuchtung erzeugten Doppelbildes.

---

[1]) Vgl. Fechner's zweite Abhandlung „Ueber den seitlichen Fenster- und Kerzen-Versuch" (Berichte der Kgl. Sächs. Ges. d. W. Bd. 13. Sitzung am 1. Juli 1861). Es heisst hier wörtlich S. 37:

„Ausserdem bemerkt Zöllner S. 484 seiner Abhandlung selbst: „„wird die Pupille des einen Auges durch Anwendung von Atropin erweitert, so ist es trotz des hierdurch bewirkten, sehr bedeutenden Unterschiedes der Oeffnungen möglich, durch Beleuchtung dieses Auges auf demselben Blau zu sehen"". Dieses scheint mir, wie ich offen gestehe, in directem Widerspruche mit der Zöllner'schen Erklärung."

[2]) *London and Edinburgh Philos. Magazine, Vol. I p. 169.* Vorgetragen in der Versammlung britischer Naturforscher zu Oxford am 22. Juni 1832. Abgedruckt in Poggendorff's Annalen Bd. 27. (1833) S. 490—497.

Brewster bemerkt in dem unten angeführten Abdruck in Poggendorff's Annalen bezüglich des erwähnten Versuches S. 494 wörtlich Folgendes:

„Aus meinen wenigen Versuchen habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass das Folgende die wahre Erklärung der von den beiden Bildern angenommenen Farben enthält.

Wenn das Licht der dicht beim rechten Auge gehaltenen Kerzenflamme auf einen Theil der Netzhaut wirkt, machte es alle übrigen Theile der Netzhaut in stärkerem oder schwächerem Grade unempfindlich für alle anderen Lichteindrücke. Die Unempfindlichkeit erreicht ihr Maximum dicht bei dem erleuchteten Fleck, und nimmt mit der Entfernung von diesem ab. Mässig beleuchtete Gegenstände verschwinden wirklich in der Nähe der stark erregten Portion, und Körper von lebhaften Farben werden nicht nur all ihres Glanzes beraubt, sondern auch in ihrer Farbe verändert.

Dr. Smith bemerkt, dass ein hellrother Papierstreifen mit dem gereizten Auge dunkelroth, mit dem geschützten Auge dagegen fast weiss gesehen werde; während ein schwach grüner Streif dem gereizten Auge stärker grün und dem geschützten beinah weiss erscheine. Nehmen wir ein Stück rothen Siegellacks, so wird es für das gereizte Auge dunkel leberfarben und für das andere glänzend roth. Alle hellblaue Farben verlieren an ihrer Intensität für das gereizte Auge; allein die, welche mit weniger brechbaren Strahlen, und selbst mit weissem Lichte gemischt sind, werden dunkler blau, d. h. die Farbe gewinnt an Tiefe, obgleich die Stärke der Beleuchtung abnimmt. Handelt es sich um eine zusammengesetzte rothe Farbe, z. B. um die von rothglühenden Körpern, so ist das mit dem gereizten Auge gesehene Bild entschieden gelb.

Aus diesen Resultaten ist klar, dass, wenn die Netzhaut durch starkes Licht gereizt wird, der von dem Lichte nicht getroffene Theil dieser Membran theilweis für alle Farben, im stärksten Grade für die rothe, unempfindlich gemacht wird. Hieraus folgt, dass ein weisser Papierstreif eine bläulichgrüne, nämlich die complementäre Farbe des rothen Lichts annimmt. Die rothe Farbe, welche der Papierstreif bei Betrachtung mit dem geschützten Auge zeigt, ist die natürliche Farbe der Lichtflamme, erhöht durch den Contrast des grünen Streifs. Da im Tageslicht bei weitem weniger Roth als in der Lichtflamme ist, so erscheint der Streif dem geschützten Auge im ersten Fall viel weisser als im letzteren. Die Empfindlichkeit des beleuchteten Theils der Netzhaut wird gerade in umgekehrter Weise ergriffen. Dieser Theil wird zuerst für blaues Licht unempfindlich, eine Thatsache, welche durch die Versuche von Aepinus und Anderen deutlich bewiesen worden ist."

In „Gehler's physikalischem Wörterbuch", Band IV., S. 1485, befindet sich über einen von Aepinus beschriebenen optischen Versuch wörtlich Folgendes mitgetheilt:

„Aepinus[1]) fand, dass ein Loch in einer Metallplatte von 0,1 Lin. Durchmesser, wodurch er mit dem linken Auge sah, weiter, und das Gesichtsfeld grösser wurde, wenn er das rechte Auge schloss, und noch mehr, wenn er es mit der Hand bedeckte. Ob sich hierauf ein allgemeines Gesetz blauen lasse, dass die Thätigkeit des einen Auges vermehrt wird, wenn die des andern ganz aufhört, muss künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Wahrscheinlich gehört aber auch dieses Phänomen unter die allgemeine Regel, dass die Nerventhätigkeit am stärksten ist, wenn sie nicht durch andere Nervenaffectionen gestört wird.

Hierhin gehört endlich auch die bekannte Erscheinung, dass die Bilder der Gegenstände, z. B. die Buchstaben beim Lesen, dunkler und undeutlicher werden, wenn die Aufmerksamkeit auf dieselben schwindet, entweder wenn die Seele durch Nachdenken über irgend eine schwierige Aufgabe angestrengt beschäftigt ist, oder wenn eine völlige Abspannung der Thätigkeit oder Verfolgen lebhafter Bilder der Phantasie stattfindet."[2])

Ob Sir David Brewster in seiner obigen Hindeutung auf Aepinus dessen hier erwähnte Versuche meint, vermag ich bei der Abwesenheit eines genaueren Citates nicht zu entscheiden. Jedenfalls geht aus den oben mitgetheilten Worten Brewster's hervor, dass seine Erklärung die der verschiedenen Farbe und Intensität der beiden Doppelbildcomponenten insofern mit der meinigen vollkommen übereinstimmt, als auch Brewster eine durch Lichtreiz erzeugte partielle Farbenblindheit als wesentliche Ursache der fraglichen Erscheinung hinstellt. Falls der oben (S. 626) von mir beschriebene Versuch bei willkürlicher Contraction der Pupille übereinstimmend auch von anderen Personen constatirt werden sollte, so würde hierdurch bewiesen werden, dass auch andere Reize als Licht unter geeigneten Umständen einseitige Farbenblindheit bei empfänglichen Personen zu erzeugen im Stande sind. In der That haben die neuerdings eingehender studirten Phänomene des sogenannten Hypnotismus oder Biomagnetismus weitere Beweise für die allmälige Ausbreitung eines ursprünglich durch Lichtreiz eingeleiteten Nervenzustandes auf andere Nervengebiete und umgekehrt in unzweideutiger Weise bewiesen. Im Hinblick auf meine in obiger Abhandlung vor

---

[1]) *Nov. Com. Petrop. VII. 303.*

[2]) Vgl. Purkinje Beiträge, S. 76. Ueber das Sehen überhaupt *d'Alembert, Doutes sur différentes questions d'Optique; Opuscules mathém. II Vol. Paris 1761. — Scarella in Com. Soc. Bonon. V. 1 u. 446. VI 344 ff.*

20 Jahren ausgesprochene Vermuthung, dass für das Eintreten der erwähnten partiellen Farbenblindheit gerade die den Accommodationsapparat des Auges beeinflussenden Nerven von besonderer Wichtigkeit sind, ist es sehr bemerkenswerth dass der Beginn des Hypnotismus sich zuerst objectiv an der veränderten Thätigkeit des Accommodationsmechanismus demonstriren lässt.

Professor Rudolph Heidenhain bemerkt in der 3. Auflage seiner Schrift: „Der sogenannte thierische Magnetismus" (Leipzig 1880) S. 23 wörtlich:

„Das allererste, objectiv demonstrirbare Zeichen des Beginnes des Hypnotismus ist ein Krampf des Accommodationsapparates im Auge .... Die Folge desselben ist die Verkürzung der Accommodationsweite durch Heranrücken des Fernpunktes an den Nahepunkt des Auges."

Von viel durchschlagenderer Bedeutung jedoch für die Richtigkeit meiner Vermuthung, dass auch indirect durch Reizung anderer Nervenparthien vorübergehend partielle Farbenblindheit erzeugt werden kann, sind die folgenden Worte Haidenhain's S. 56 ff a. a. O.:

„Das Auge der kataleptischen Seite, welches den auf S. 23 erwähnten Accommodationskrampf stets in auffälligstem Maasse zeigt, während das andersseitige Auge davon frei bleibt, verliert zugleich seinen normalen Farbensinn.

Die Art der Störung des Farbensinnes ist bei verschiedenen Personen verschieden. Dieselbe genauer zu bestimmen, sind wir in einer längeren Untersuchung beschäftigt, bei welcher uns die reiche Erfahrung und freundliche Theilnahme des Hrn. Prof. H. Cohn auf das Wirksamste unterstützt.

Eine der Versuchungspersonen wird auf dem afficirten Auge absolut farbenblind. Die Gegenstände erscheinen nur noch in verschiedener Helligkeit von einem schmutzigen Dunkelgrau bis zu einem hellen Silbergrau. Die Erscheinungen stimmen bis ins Einzelnste überein mit den neuesten Angaben von Stilling über vollkommene Farbenblindheit. Unter zahlreichen Versuchen, welche mit der betreffenden Person angestellt worden sind, hebe ich den folgenden als ganz besonders interessant hervor.

Wird mit dem afficirten Auge ein farbiges Papier auf weissem Grunde fixirt, so erscheint dasselbe farblos, und zwar dunkler oder heller, je nach der Auswahl der Farbe. Blau z. B. wird ziemlich dunkel und grau gesehen. Wird das Object plötzlich fortgezogen, so erscheint, wenn dasselbe blau war, ein helles farbloses Nachbild. Wird jetzt schnell der Hypnotismus verscheucht, so wird das bis dahin farblose Nachbild farbig, indem es die Complementärfarbe des ursprünglichen Objectes annimmt,

also in dem obigen Falle gelb. Der Versuch ist durch alle möglichen Farben durchprobirt und ergiebt stets dasselbe Resultat. Die Wichtigkeit dieser Beobachtung für die Theorie des Farbensehens liegt auf der Hand."

So hat mir also das wissenschaftlich neu erschlossene Gebiet des animalischen Magnetismus die Bestätigung einer theoretischen Auffassung über physiologische Verhältnisse der Augen geliefert, welche ich vor 21 Jahren als „eine neue Beziehung der Retina zu den Bewegungen der Iris" veröffentlicht hatte. Nicht ohne Absicht war von mir gerade diese Form des Ausdruckes für die beobachteten Erscheinungen gewählt worden, insofern hierdurch lediglich ein thatsächliches Verhältniss bei jedem Auge im normalen Zustande ausgedrückt wird, ohne irgend welche theoretische Vorstellung über den causalen Zusammenhang dieser Phänomene zu präjudiciren.

Anmerkung.

Die oben S. 614 von mir hypothetisch gemachte „Annahme einer solchen Beziehung zwischen den lichtempfindenden Elementen beider Netzhäute, dass, wenn in der einen die Reizbarkeit der rothempfindenden Elemente geschwächt, dieselbe in der andern gesteigert wird", hat durch die neuerdings von Professor C. Westphal in Berlin wiederholten Beobachtungen der französischen Aerzte Burq und Charcot über Metalloskopie auf einem andern Gebiete der Sinnesempfindung eine Bestätigung erhalten. Westphal bemerkt in der „Berliner klinischen Wochenschrift 1878. No. 30" wörtlich: „Es fand also gleichsam eine Uebertragung (*Transfert*) der Sensibilität von der einen Körperhälfte nach der entsprechenden Stelle der andern Körperhälfte hin statt". (Ausführliches befindet sich im III. Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen", S. 461 ff.

Die oben S. 624 ausgesprochene Ansicht, „dass im Allgemeinen der lähmenden Wirkung eines Organs stets eine Erregung vorausgehen muss", habe ich bei an mir selber angestellten Versuchen über Gelbsehen durch Genuss von 2 Gran santonsaurem Natron am 5. August 1860 bestätigt gefunden, indem beim Beginn der Narkose im Dunkeln das Gesichtsfeld subjectiv violett leuchtend erschien. Das Santonin scheint also ein Specificum für die temporäre Reizung und Abstumpfung der violett empfindenden Nervenelemente der Retina zu sein. Mein oben erwähnter Freund Professor Edmund Rose hatte diese Versuche geleitet und mit Hülfe eines Maxwell'schen Farbenkreisels die verschiedenen Stadien der veränderten Farbenempfinduung untersucht. — Der oben S. 626 erwähnte Dr. H. ist mein Freund Dr. Lothar Heffter (Sohn des verstorbenen Obertribunalsrathes Professor Heffter), welcher damals die Stellung eines Chemikers in unserer Kattundruckerei (Zöllner & Toussaint) in Schönweide bei Berlin bekleidete.

Leipzig, im Juni 1881.

Ueber ein einfaches Verfahren, ohne Silbersalze mit Anwendung von Eisensalzen unmittelbar kräftige, positive Photographien zu erzeugen.

(Poggendorff's Annalen Bd. 110. S. 153. Mai 1860.)

In neuerer Zeit hat Hr. Niepce de Saint-Victor ein Verfahren bekannt gemacht[1]), durch welches man mit Anwendung des salpetersauren Uranoxydes Lichtbilder erhalten kann, die durch Behandlung mit salpetersaurem Silberoxyd zum Vorschein kommen. Man tränkt zu diesem Zwecke ein Blatt Papier mit einer Lösung von salpetersaurem Uranoxyd, bedeckt dasselbe, nachdem es getrocknet ist, mit dem zu copirenden negativen Bilde und setzt es ungefähr eine Viertelstunde dem directen Sonnenlichte aus. Legt man alsdann das exponirte Papier in eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, so erscheint ein positives Bild in braunrother Farbe, das sich durch Schärfe und Deutlichkeit auszeichnet. Einige Zeit später theilte Hr. Magnus in der Gesammtsitzung der Berliner Academie am 29. April 1858 einige Verbesserungen mit, welche Hr. O. Hagen in dem soeben mitgetheilten Verfahren gefunden hat. Diese Verbesserungen bestehen in Folgendem:

1) Es muss ungeleimtes Papier angewandt werden oder das geleimte durch Kochen mit Wasser vom Leim befreit werden.
2) Das angewandte Uransalz darf keine freie Salpetersäure enthalten und nicht durch die Beimengungen des käuflichen Uransalzes, wie Kupfer und Arsenik, verunreinigt sein.
3) Die wässerige Silbersalzlösung erhält einen Zusatz von Alkohol oder Aether.

---

[1]) *Comptes rend. T. XLVI. p. 452. 489.*

Mit Beobachtung dieser Vorschriften ist es Hrn. Hagen gelungen, Bilder in grauschwarzem Tone zu erhalten, welche 30 höchstens 60 Sekunden, auf Löschpapier sogar nur 15 Sekunden Expositionszeit erfordern.

Auf die angeführten Punkte Bezug nehmend, giebt Hr. Hagen eine Theorie des hierbei stattfindenden chemischen Processes und bringt denselben mit der Eigenthümlichkeit der alkoholigen Lösungen des salpetersauren Uranoxydes in Verbindung, welche dem Sonnenlichte exponirt, sich zu Oxydul reduciren. Zur genaueren Feststellung dieser theoretischen Ansicht unternahm ich eine hierauf bezügliche Untersuchung, durch welche ich zu Resultaten geführt worden bin, welche, abgesehen von ihrem wissenschaftlichen Interesse, wie ich glaube auch für die practische Photographie und ihre allgemeinere Verbreitung nicht ohne Bedeutung sind.

Es kam mir zunächst darauf an, den im Lichte stattfindenden Reductionsprocess des salpetersauren Uranoxydes sichtbar zu machen und zu diesem Zwecke den frei werdenden Sauerstoff an einen Körper zu binden, durch dessen Oxydation eine deutlich hervortretende Färbung an denjenigen Stellen des Papieres entsteht, an welchen das Licht seine reducirende Wirkung geltend macht. Ein solcher Körper bot sich mir in dem Jodkaliumstärkekleister dar; ich legte daher das mit salpetersaurem Uranoxyd getränkte und dann getrocknete Papier auf eine verdünnte Stärkekleisterlösung, in welcher geringe Mengen von Jodkalium aufgelöst waren, und setzte das so präparirte Papier getrocknet dem directen Sonnenlichte aus. Schon nach Verlauf von wenigen Sekunden fing das Papier an sich merklich zu bläuen und nach 10 Minuten hatte dasselbe eine tief blaugraue, etwas ins Violette spielende Farbe angenommen, so dass ich schon bei der ersten Wiederholung dieses Versuches, wobei das Papier mit einer undurchsichtigen Schrift auf transparentem Papier bedeckt war, die getreuen und scharfen Züge dieser Schrift in weisser Farbe auf blauem Grunde erhielt. Die Empfindlichkeit wurde, wie es schien, noch etwas erhöht, wenn man die salpetersaure Uranoxyd-Lösung mit reinem Stärkekleister versetzte. Zur Fixirung des Bildes ist es nur erforderlich, dasselbe gehörig

mit destillirtem Wasser abzuspülen, wobei die Farbe noch weit deutlicher hervortritt und zugleich einen mehr blauen Ton annimmt.

Wenn nun aus dem hier beschriebenen Versuch hervorgeht, dass durch die Einwirkung des Lichtes auf das erwähnte Uranpapier in der That eine Sauerstoffentwickelung stattfindet und somit die von Hrn. Hagen aufgestellte Ansicht bestätigt wird, so müssen nun auch alle die oben angeführten Umstände, welche die Empfindlichkeit des Papiers bei dem Niepce'schen Verfahren vermehren, bei der Behandlung des Uranpapiers mit Jodkaliumstärkekleister vermindern, da es hier gerade darauf ankommt, allen disponiblen Sauerstoff ungetheilt auf die Zersetzung des Jodkaliums zu verwenden. In der That gelangen mir auch die Bilder auf Löschpapier nur äusserst unvollkommen und erwies sich die Gegenwart geringer Mengen von freier Säure ohne merklichen Einfluss auf die Empfindlichkeit des Papieres.

In der Absicht, meine Untersuchungen in derselben Weise an Eisensalzen fortzusetzen, deren Zerlegbarkeit durch Licht schon anderweitig bekannt war[1]), behandelte ich ein mit Eisenchlorid präparirtes Papier mit Jodkaliumlösung und beobachtete an allen mit dieser Lösung in Berührung gewesenen Stellen durch Ausscheidung von Jod eine tief schwarzblaue Färbung des Papiers. Wurde hingegen das mit Eisenchlorid überzogene Papier hinreichend lange dem Lichte ausgesetzt, so verlor es die Eigenschaft, sich in Berührung mit Jodkaliumlösung zu schwärzen. Ganz dasselbe Verhalten zeigte ein mit Eisenrhodanid präparirtes Papier und es war somit hierdurch die Möglichkeit gegeben, mit Anwendung gewisser Eisensalze und Jodkaliumlösung unmittelbar positive Photographien zu erzeugen.

Von der soeben angegebenen Reaction machten alle von mir untersuchten Verbindungen des Eisenoxydes mit organischen Säuren eine Ausnahme. Vermischt man aber eine gewisse Menge einer Lösung von oxalsaurem Eisenoxyd mit

[1]) Gmelin, Handbuch der Chemie 1843, S. 164. Draper, *Phil. Mag. Sept. 1857.*

Eisenchloridlösung, so erhält man ein Gemenge, dessen Empfindlichkeit um sehr viel grösser ist, als Eisenchlorid allein. Während ein mit letzterem getränktes Papier sich in der Sonne erst in 15 bis 20 Minuten entfärbt, thut dies ein mit der erwähnten Mischung präparirtes Papier schon in 2 Minuten. Diese Eigenschaft, die Empfindlichkeit der Eisenchloridlösung so bedeutend zu steigern, kommt jedoch von den vonmir untersuchten organischen Eisenverbindungen dem oxalsauren Eisenoxyd allein zu.

Es sei mir nun gestattet, im Folgenden kurz das Verfahren mitzutheilen, wie sich dasselbe nach vielen Versuchen zur Herstellung photographischer Copien nach den oben angedeuteten Principen als das beste und einfachste bewährt hat.

Man bereitet ein Gemisch aus 1 Vol. concentrirter Eisenchloridlösung, 6 Vol. mit einer concentrirten Lösung von oxalsaurem Eisenoxyd[1]) und 14 Vol. destillirten Wassers. Auf diesem Gemisch lässt man an einem dunklen Orte ein mit Stärke geleimtes Papier[2]) 30 bis 60 Sekunden schwimmen und hängt dasselbe zum Trocknen auf. Das vollkommen getrocknete Papier, welches eine schwach gelbe Farbe hat, wird nun mit dem zu copirenden Gegenstande auf der präparirten Seite bedeckt und unter einem photographischen Copirrahmen dem Lichte ausgesetzt. In weniger als 3 Minuten findet im Sonnenlichte eine vollkommene Entfärbung aller nicht bedeckten Stellen statt und die Copie ist vollendet. Um die nicht vom Lichte getroffenen Stellen sogleich kräftig hervortreten zu lassen, bestreicht man das Papier mit einer Lösung von Jodkalium in Albumin (2 bis 3 Grm. Jodkalium auf das Weisse von 3 Eiern), spült alsdann das ganze Bild auf beiden Seiten gehörig mit gewöhnlichem Wasser ab und trocknet dasselbe zwischen Löschpapier. Die Anwendung des Albumins zur

[1]) Das oxalsaure Eisenoxyd wurde dargestellt, indem man das aus einer Eisenchloridlösung mit Ammoniak gefällte und gehörig ausgewaschene Eisenoxydhydrat an einem dunklen Orte in einer concentrirten Lösung von Oxalsäure auflöste. Durch etwas freie Säure wird die Empfindlichkeit erhöht.

[2]) Am besten das im Handel unter dem Namen „negatives photographisches Papier" vorkommende mit dem Wasserzeichen: *De Canson Frères.*

Lösung des Jodkaliums ist sehr wesentlich, indem an allen dunklen Stellen des Bildes durch Ausscheidung von Jod das Eiweiss wahrscheinlich in seine unlösliche Modification übergeführt und hierdurch das Verwaschen der Conturen beim Behandeln mit Wasser vermieden wird. Daher der Glanz an allen dunklen Stellen. Beim Abwaschen der Bilder beobachtet man eine Veränderung des Farbentones von Braunschwarz in Blauschwarz.

Zur Anwendung dieses Papieres in der Camera obscura habe ich mich bis jetzt vergeblich bemüht, die Empfindlichkeit desselben zu steigern. Indessen ist es mir gelungen, auf Papier, welches mit einer concentrirten Lösung von zweifach chromsauren Kali getränkt worden ist[1]), in verhältnissmässig kurzer Zeit negative Bilder in der Camera obscura zu erzeugen, die jedoch bis jetzt zu wenig intensiv sind, um hiervon positive Copien anzufertigen. Sichtbar werden diese Bilder ebenfalls durch Jodkaliumlösung gemacht, zu der eine Spur von verdünnter Schwefelsäure gesetzt ist. Die Empfindlichkeit dieses, mit zweifach chromsaurem Kali präparirten Papiers ist übrigens so ausserordentlich gross, dass ein theilweiss bedeckter Streifen desselben bei 2 Zoll Entfernung von der Flamme einer Argand'schen Lampe schon nach 2. Minuten eine deutliche Einwirkung des Lichtes an den nicht bedeckt gewesenen Stellen zeigt.

Abgesehen von der grossen Einfachheit und Wohlfeilheit des beschriebenen Verfahrens verdienen noch folgende Umstände hervorgehoben zu werden.

1) Soweit bis jetzt die Erfahrung reicht, kann das präparirte Papier bequem 8 bis 14 Tage vor dem Gebrauche präparirt und im Dunkeln aufbewahrt werden, ohne irgend wie seine Brauchbarkeit zu verlieren. In Betreff der Eisenlösung bemerke ich, dass eine vor 3 Monaten bereitete Mischung, die an einem dunklen Orte aufbewahrt wurde, noch vollkommen brauchbar ist[2]).

---

[1]) *Cosmos Vol. VIII, p. 7—11. Bull. de la soc. d'enc. Oct. 1857, p. 598.*

[2]) Vergl. Draper, *Phil. Mag. Sept. 1857.*

2) Das Sichtbarmachen des Bildes kann bis 12 Stunden nach der Exposition verschoben werden, ohne dadurch die Deutlichkeit des Bildes zu beeinträchtigen. Bei einer längeren Zwischenzeit findet allmälig wieder eine Oxydation der im Lichte desoxydirten Stellen statt.

3) Die über die Dauerhaftigkeit dieser Photographien angestellten Versuche sind bis jetzt durchaus zu Gunsten des mitgetheilten Verfahrens ausgefallen. Ich exponirte einige derselben ununterbrochen mehrere Wochen lang dem Tages- und Sonnenlichte und bemerkte nach fünfstündiger Bestrahlung durch directes Sonnenlicht nur eine Aenderung des Farbentones von Blauschwarz in Braunschwarz, ohne dass die Bilder hierdurch merklich an Intensität verloren hatten. Endgültig kann über diesen Punkt natürlich nur erst die Zeit entscheiden.

Die zahlreichen Copien von getrockneten Pflanzen, Kupferstichen und einigen Handschriften, welche ich nach der hier mitgetheilten Methode angefertigt habe, zeichnen sich alle durch Schärfe und intensive Färbung aus.

Die ziemlich umfangreiche Literatur über Photographien ohne Anwendung von Silbersalzen ist von mir bis zu Ende des vorigen Jahres berücksichtigt worden. Abgesehen von einigen Bemerkungen des Hrn. Niepce de Saint-Victor, über die Reaction einer concentrirten Jodkaliumlösung auf dem Sonnenlichte ausgesetztes Papier[1]), ist hier nur eine Arbeit von Hrn. Roussieu bemerkenswerth[2]), welche in gewisser Beziehung dem oben angegebenen Verfahren ähnlich ist. Das Verfahren des Hrn. Roussieu besteht in Folgendem.

Tränkt man ein Stück Papier mit Bleizuckerlösung und bringt dasselbe getrocknet in Jodkaliumlösung, so schlägt sich auf seiner Oberfläche gelbes Jodblei nieder. Dies hat die Eigenschaft, in Gegenwart von Stärke durch das Licht sehr schnell eine olivengrüne Färbung anzunehmen, welche nach Hrn. Roussieu aus dem Violett der Jodstärke und

[1]) *Comptes rendus Nov. 1858, No. 22.*

[2]) *Ann. de chim. T. XLVII, p. 154—163.*

dem Gelb des unverändert gebliebenen Jodbleis entsteht. Der Verfasser benutzte dieses Verhalten des Jodbleis, indem er Papier mit einem Gemisch aus Jodblei mit Stärkekleister überzog, zu photographischen Abdrücken von Spitzen, Federn, Blättern etc. Wie man sieht, können durch dieses Verfahren nur negative Bilder erhalten werden, und da dieselben sowohl nach der ausdrücklichen Bemerkung des Hrn. Roussieu als auch nach meinen hierüber angestellten Versuchen nur sehr wenig intensiv sind, so muss man auf die Herstellung von positiven Abdrücken bei diesem Verfahren verzichten.

Schönweide bei Berlin, im März 1860.

Nachtrag.

Die oben angedeuteten Versuche über die Dauerhaftigkeit der beschriebenen Photographien sind in den Wintermonaten, also in einer für diesen Zweck sehr ungünstigen Jahreszeit angestellt worden. Bei Wiederholung derselben in den letzten Wochen des Mai hat sich gezeigt, dass dergleichen photographische Abdrücke, unter einem Copirrahmen andauernd den directen, möglichst senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen ausgesetzt, nicht nur, wie oben bemerkt, ihre Farbe verändern, sondern hierbei auch an Intensität verlieren. Diese Veränderung ist jedoch, wie es, scheint, weniger der Einwirkung des Lichtes, als vielmehr der durch die Insolation unter einem Copirrahmen erzeugten, sehr bedeutenden Temperaturerhöhung zuzuschreiben, indem solche photographischen Abdrücke einfach im Sonnenschein aufgehängt eine weit geringere Veränderlichkeit zeigten. Werden aber dergleichen Abdrücke bis zum Versengen des Papiers erhitzt, so verschwindet kurz vor dem Eintritt der Zerstörung des Papiers die darauf befindliche Copie. Dasselbe findet bei Behandlung der Copien mit Alkalien statt. — Obgleich also die Umstände, unter denen die beschriebenen Photographien vernichtet werden, im Allgemeinen nur abnormer Natur sind, so ist es dessenungeachtet für die Haltbarkeit derselben von höchstem Interesse, dass es Payen[1]) durch eine einfache Behandlung der Stärke

[1]) *Comptes rendus T. 48, (1859) p. 73.*

mit Kupferoxyd-Ammoniak gelungen ist, die Farbe der Jodstärke gegen die Einwirkungen des Lichtes und der Wärme zu schützen.

Im Uebrigen ist zu bemerken, dass sowohl in der Haltbarkeit gegen die angeführten Agentien als auch in dem Ausfall des Farbentones sich bei den einzelnen Copien nicht unbedeutende Variationen zeigen, ohne dass es mir bis jetzt gelungen wäre, die Bedingungen, unter denen diese Erscheinungen am vortheilhaftesten auftreten, mit der wünschenswerthen Präcision festzustellen. Indessen hat die allmälige Vervollkommnung der gesammten Photographie bis zu ihrer heutigen, hohen Ausbildung gelehrt, dass dergleichen Bedingungen, bei dem vollkommnen Mangel an eigentlich theoretischer Basis über die hierbei stattfindenden, molecularen Vorgänge, lediglich durch eine möglichst vielfache und allseitige Wiederholung der Proceduren auf rein empirischem Wege ermittelt werden können, und daher zunächst auch nur auf diesem Wege eine Verbesserung des mitgetheilten Verfahrens zu erwarten steht.

Schönweide bei Berlin, im Mai 1860.

Thesen

zur Habilitation in der philosophischen Facultät der Universität Leipzig am 13. März 1865.

(Abdruck aus meiner Habilitationsschrift „Theorie der relativen Lichtstärke der Mondphasen".)

1. Bei den Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Himmelskörper dürfen zur Erklärung der beobachteten Phänomene nur solche Kräfte und Erscheinungen vorausgesetzt werden, deren Analogien man auch auf der Erde zu beobachten und zu erforschen Gelegenheit hat.

2. Für sich betrachtet, würde die Erde in den verschiedenen Stadien ihrer geologischen Entwickelung einem entfernten Beobachter analoge Erscheinungen dargeboten haben, wie man sie gegenwärtig bei der Sonne als Sonnenflecken, bei anderen Fixsternen als periodischen Licht- und Farbenwechsel, allmäliges Verschwinden und als plötzliches Aufleuchten neuerSterne beobachtet.

3. Die Planeten Jupiter und Saturn befinden sich noch in einem glühenden Zustande und leuchten daher nicht nur mit reflectirtem, sondern gleichzeitig auch mit eigenem Lichte.

4. Den bisher für die Nichtexistenz des Wassers auf dem Monde angeführten Argumenten muss die Beweiskraft abgesprochen werden.

5. Wenn es gelänge, die allgemeine Gravitation durch Vermittelung eines im Weltraume verbreiteten Mediums auf Molecularwirkungen zurückzuführen, so würde hierdurch die Unbegreiflichkeit einer *actio per distans* nicht aufgehoben sein.

6. Die sogenannten Allotropien einzelner chemischer Elemente liefern den Beweis, dass diese Stoffe nicht aus einfachen, sondern aus zusammengesetzten Molecülen bestehen.

7. Die bei monocularer Farbenreizung auf dem nicht gereizten Auge auftretenden subjectiven Farben sind keine Contrastwirkungen, sondern beruhen auf einer eigenthümlichen Beziehung der Netzhäute beider Augen.

8. Alle Raumwahrnehmungen sind die Resultate unbewusster, psychischer Operationen auf Grund der durch die Sinnesorgane specialisirten Reize.

9. Der Materialismus, als philosophisches System, involvirt eine *petitio principii*.

Robert Mayer's Verdienste um die Astrophysik.

Die Prioritätsrechte unseres genialen Landsmannes Robert Mayer bezüglich der Entdeckung und experimentellen Begründung seines universellen Aequivalenz-Gesetzes zwischen Wärme und Arbeit sind in neuerer Zeit hinreichend energisch gegenüber englischer und deutscher Anmassung vertheidigt worden (vgl. oben S. 23).

Bereits im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" (S. 319) habe ich aus der im Jahre 1842 im Mai-Hefte von Liebig's Annalen erschienenen und ursprünglich für Poggendorff's Annalen[1]) bestimmten Abhandlung wörtlich folgende Stelle reproducirt:

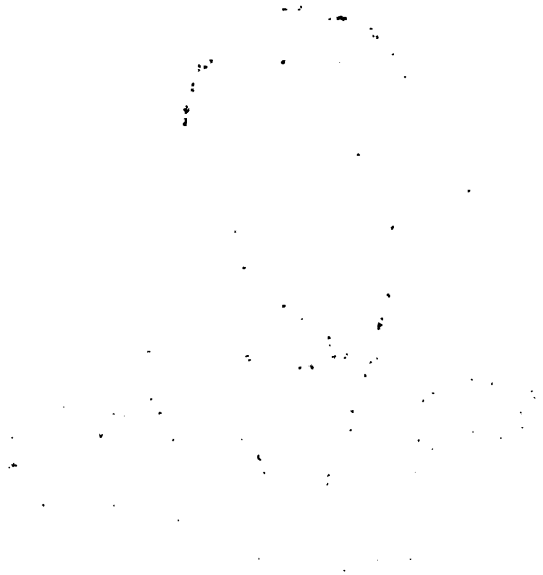
„Die Wärmemenge, welche zur Hervorbringung eines bestimmten mechanischen Effectes aufzuwenden ist, muss auf experimentalem Wege ermittelt werden. . . .

Einfacher und schärfer lässt sich das Problem lösen durch Berechnung der Wärmemenge, die latent wird, wenn ein Gas unter einem Drucke sich ausdehnt. Ist die Wärme, welche ein Gas aufnimmt, das bei constantem Volumen um t^0 erwärmt wird, $= x$, die Wärme, deren das Gas zu derselben Temperaturerhöhung bei constantem Drucke bedarf $= x + y$, ist ferner das im letzteren Falle gehobene Gewicht $= P$, seine Höhe $= h$, so ist: $y = P.h$

Ein Kubikcentimeter atmosphärischer Luft bei 0° und $0^m,76$ Barometer, wiegt 0,0013 Gramme; bei constantem Drucke um 1° C. erwärmt, dehnt sich die Luft um $^1/_{274}$ ihres Volumens aus und hebt somit eine Quecksilbersäule von einem Quadratcentimeter Grundfläche und 76 Centimeter Höhe um $^1/_{274}$ Centimeter.

---

[1]) Das beiliegende Facsimile des an die Redaction der Annalen eingesandten Manuscripts nebst Brief liefert den Beweis, dass Mayer bereits im Juli 1841 im Besitze seiner Entdeckung war. (Vgl. Näheres hierüber unten in der Anmerkung zu den biographischen Fragmenten über Robert Mayer.)



Wahrheit bedarf zur Anerkennung nicht vieler Worte,
u. Irrthümliches als wahr angreifen zu wollen ist eitles Streben.

Dr. J. R. Mayer.

Das Gewicht dieser Säule beträgt 1033 Gramme. Die specifische Wärme der atmosphärischen Luft ist bei constantem Drucke, die des Wassers = 1 gesetzt, nach Delaroche und Bérard = 0,267; die Wärmemenge, die unser Kubikcentimeter Luft aufnimmt, um bei constantem Drucke von 0 auf 1° zu kommen, ist also der Wärme gleich, durch welche 0,0013 × 0,267 oder 0,000347 Gramme Wasser um 1° erhöht werden. Nach Dulong, dem die Mehrzahl der Physiker folgt, verhält sich die Wärmemenge, welche die Luft bei constantem Volumen aufnimmt, zu der bei constantem Drucke wie 1 : 1,421; hiernach gerechnet ist die Wärmemenge, die unsern Kubikcentimeter Luft bei constantem Volumen um 1° C. erhöht, gleich

$$\frac{0{,}000347}{1{,}421} = 0{,}000244 \text{ Grad.}$$

Es ist folglich die Differenz $(x+y)-x$ oder:

$$y = 0{,}000347 - 0{,}000244 = 0{,}000103 \text{ Grad Wärme,}$$

durch deren Aufwand das Gewicht $P = 1033$ Gramme auf $h = {}^1/_{274}$ Centim. gehoben wurde. Durch Reduction dieser Zahlen findet man nun

1° Wärme = 1 Grm. auf 367^m Höhe."

Im Jahre 1848 veröffentlichte Robert Mayer eine kleine Schrift unter dem Titel: „Dynamik des Himmels", in welcher er die Consequenzen seines Gesetzes u. A. auf die Licht- und Wärme-Phänomene der Weltkörper anwendet. Abgesehen von den Pflichten der Pietät und literarischen Gerechtigkeit gegen eine wissenschaftliche Zierde der deutschen Nation, gewährt es ein hohes Interesse, die von Robert Mayer vor mehr als 30 Jahren veröffentlichten Anschauungen mit den gegenwärtigen Resultaten astrophysikalischer Forschungen zu vergleichen. Ich lasse hier in wörtlicher Reproduction die Hauptstellen[1]) der erwähnten Schrift folgen:

---

[1]) Vgl. die von R. Mayer herausgegebene Sammlung seiner Schriften „Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften von J. R. Mayer". (Stuttgart 1867.) S. 149 ff.

„Beiträge zur Dynamik des Himmels“ von Robert Mayer.

(Heilbronn 1848.)

1. Einleitung.

„Jeder leuchtende oder glühende Körper verliert Licht und Wärme in dem Maasse, als er davon ausstrahlt, und wird, wenn kein angemessener Wiederersatz stattfindet, dunkel und kalt.

Das Licht besteht nämlich wie der Schall in Schwingungen, die sich von dem leuchtenden oder tönenden Körper wellenartig auf ein umgebendes Medium ausbreiten. Es ist nun vollkommen klar, dass ein Körper nur dann seiner Umgebung eine solche erzitternde Bewegung zu ertheilen vermag, wenn er sich selbst in einer ähnlichen Bewegung befindet; denn wo ein Körper im Zustande der Ruhe oder im Gleichgewichte mit seiner Umgebung ist, da ist eine Ursache zu wellenförmiger Bewegung nicht vorhanden. Soll eine Glocke oder eine Saite tönen, so muss durch eine äussere Gewalt die Glocke angeschlagen oder die Saite in Schwingung versetzt werden, und diese Gewalt ist die Ursache des Tones.

Würde die Saite sich bewegen, ohne irgend einen Widerstand zu erfahren, so könnte und müsste dieselbe die ihr mitgetheilte Schwingung für alle Zeiten beibehalten, ein Ton würde aber hier nicht entstehen, denn ein solcher besteht wesentlich in der Fortpflanzung der Bewegung, und in dem Maasse, als die Saite ihre Schwingungen der widerstandleistenden Umgebung mittheilt, verliert sie nothwendig selbst an Bewegung und kehrt dadurch endlich in den Zustand der Ruhe zurück.

Man hat oft und passend die Sonne mit einer immerfort tönenden Glocke verglichen. Wodurch wird aber dieser Himmelskörper, der auf eine so grossartige und herrliche Weise die Räume des Weltalls mit seinen Strahlen erfüllt, wodurch wird er in ewig ungeschwächter Kraft und Jugend erhalten? Wodurch wird einer endlichen Erschöpfung, einem Zustande des Gleichgewichtes vorgebeugt, damit nicht Nacht und Todeskälte die Räume des Planetensystems erfülle?

Der Enthüllung „des grossen Geheimnisses“, wie W. Herschel die vorliegende Frage nennt, glaubten Manche dadurch näher kommen zu können, dass sie annahmen, durch die an und für sich völlig kalten Sonnenstrahlen werde nur der Wärme„stoff“ in den Körpern, auf welche die Strahlen treffen, aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung versetzt; um diese kalten Strahlen auszusenden, müsse die Sonne nicht gerade ein erhitzter Körper sein, und es könne daher, der endlosen Lichtentwicklung ungeachtet, an ein eigentliches Erkalten der Sonne nicht gedacht werden.

Es ist klar, dass durch eine solche Erklärung nichts gewonnen wird, denn abgesehen von dem Hypothetischen eines bald ruhenden bald bewegten, oder eines bald kalten bald warmen Wärmestoffes u. dgl. ist es eine genugsam festgestellte Thatsache, dass die Sonne kein kaltes, phosphores-

cirendes, sondern ein sehr intensiv-erwärmendes Licht ausstrahlt, und solche erwärmende Strahlen von einem kalten Körper herleiten zu wollen, widerspricht eben so sehr der Vernunft als der Erfahrung.

Natürlich konnten auch diese und ähnliche Hypothesen den Anforderungen einer exacten Wissenschaft nicht genügen, und ich will deshalb versuchen, auf eine allgemein verständliche Weise den hier obwaltenden Zusammenhang von Ursache und Wirkung genügender, als es bis jetzt geschehen, darzustellen, nicht ohne dabei die wohlwollende Nachsicht der Sachverständigen in Anspruch zu nehmen, denen die Schwierigkeiten solcher Untersuchungen bekannt sind.

2. Quellen der Wärme.

Ehe wir zu den speciellen Gegenständen dieser Abhandlung übergehen, müssen wir die Frage erörtern, auf welche Weise überhaupt Wärme (und Licht) erzeugt werden kann.

Die Quellen der Wärme sind sehr mannigfaltig. Wärme, die in ihren höheren Graden immer mit Licht gepaart ist, entsteht bei jeder Verbrennung, bei der Gährung, bei der Fäulniss, beim Löschen des gebrannten Kalkes, bei der Mischung von Vitriolöl mit Wasser oder mit Alkohol, bei der Zersetzung des Chlorstickstoffes, der Schiessbaumwolle u. dgl. Sie wird ferner hervorgebracht durch den elektrischen Funken und den sogenannten galvanischen Strom; sie zeigt sich bei der Reibung, beim Stosse, und erscheint als unzertrennlicher Begleiter des thierischen Lebensprocesses.

Als allgemeines Naturgesetz, von dem keine Ausnahme stattfindet, gilt der Satz: dass zur Erzeugung von Wärme ein gewisser Aufwand erforderlich ist. Dieser Aufwand, so verschiedenartig er sonst sein mag, lässt sich immer auf zwei Hauptkategorien zurückführen; es besteht derselbe nämlich entweder in einem chemischen Material oder in einer mechanischen Arbeit.

Wenn Materien, die eine grosse chemische Verwandtschaft zu einander besitzen, in getrenntem Zustande einander treffen und sich verbinden, so geht eine solche Vereinigung unter Entwicklung einer bedeutenden Menge von Wärme vor sich. Die Grösse dieser Wärmeentwicklung pflegt man so zu bestimmen, dass man angibt, wie viel Kilogramme Wasser durch den chemischen Process um einen Grad der hunderttheiligen Scale erwärmt werden können; die Wärmemenge, durch welche 1 Kg Wasser um 1° erhöht wird, nennt man Wärmeeinheit, *Calorie*.

Durch zahlreiche Versuche hat man z. B. gefunden, dass 1 Kg trockene Holzkohle bei ihrer vollkommenen Verbindung mit Lebensluft 7200 Wärmeeinheiten liefert, wofür man auch kurz und ohne Berücksichtigung des Gewichtes der verbrennenden Materie sagt: die Holzkohle gibt 7200° Wärme.

Gute Steinkohlen geben 6000, vollkommen trocknes Holz 3300 bis 3900, der Schwefel 2700, das Wasserstoffgas aber 34600 Grad Wärme, u. s. f.

Wie die Erfahrung lehrt, so hängt die Grösse der Wirkung nur von der Grösse des Verbrauchs, nicht aber von den Umständen ab, unter

denen der Verbrauch vor sich geht. Man erhält nämlich ganz dieselbe Wärmemenge, die Verbrennung mag langsam oder rasch, in atmosphärischer Luft oder in reinem Sauerstoffgase u. s. f. erfolgen. Ebenso ist es für die Menge der producirten Wärme ganz gleichgültig, ob ein Körper, z. B. ein Metall, in der Luft verbrennt und die unmittelbar entstandene Wärme gemessen wird, oder ob die Oxydation in einer galvanischen Säule vor sich geht und die Wärmeentwicklung an andern Orten, als an dem der Verbrennung, z. B. am Leitungsdrahte erfolgt.

Das nämliche Grundgesetz gilt auch für die Erzeugung der Wärme auf mechanischem Wege. Es hängt die Menge der hervorgebrachten Wärme einzig von der Menge der verbrauchten mechanischen Arbeit und nicht von der Art und Weise der Verwendung dieser Arbeit ab. Wenn man also die Wärmemenge kennt, die durch irgend eine gegebene Arbeit geliefert wird, so lässt sich für jede andere Arbeit von bekannter Grösse die dazu gehörige Wärme leicht durch Rechnung finden, wobei es keinen Grössenunterschied bedingt, ob die Arbeit zum Zusammendrücken eines Gases, zu einem Stosse oder zur Reibung verwendet wird.

Jede mechanische Arbeit oder Leistung lässt sich der Grösse nach durch ein Gewicht bestimmen, das durch diese Arbeit auf eine gewisse Höhe gehoben wird. Man erhält den mathematischen Ausdruck für die Grösse der Arbeit, d. h. man erhält das Maass dieser Arbeit, wenn man die Anzahl der gehobenen Gewichtseinheiten mit der Anzahl der Höheneinheiten multiplicirt.

Nimmt man als Gewichtseinheit das Kilogramm, als Höheneinheit ein Meter senkrechte Höhe, so betrachtet man die Erhebung von einem Kilogramm-Gewichte auf ein Meter Höhe als Einheit der mechanischen Leistung. Dieses Arbeitsmaass nennt man Kilogrammeter und bezeichnet dasselbe mit Km.

Ebenso gut lässt sich aber auch die Grösse einer Leistung durch ein Gewicht und durch die Geschwindigkeit bestimmen, die dem ursprünglich als ruhend angenommenen Gewichte ertheilt wird. Es wird dann die Arbeit gemessen durch das Product aus der Anzahl der Gewichtseinheiten in die Quadratzahl der Geschwindigkeitseinheiten. Da indessen die erste Bestimmungsweise manche Bequemlichkeiten vor der zweiten voraus hat, so pflegt man durchgängig sich der ersteren zu bedienen, wobei übrigens in jedem Falle die Reduction nach bekannten einfachen Gesetzen leicht vorgenommen werden kann.

Das Product aus der Zahl der Gewichtseinheiten in die der Höheneinheiten, oder wie man kürzer zu sagen pflegt, das Product aus der Masse in die Höhe, (ausgedrückt durch eine Anzahl oder durch einen Bruchtheil von Kilogrammetern) ebenso wie das Product aus der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit, wird „lebendige Kraft der Bewegung", „mechanischer Effect", „dynamischer Effect" „mechanische Arbeit", „Leistung", *„quantité de travail"* u. s. w. genannt.

Die zur Erwärmung von 1 Kg Wasser um 1° C. erforderliche Arbeit wird auf experimentalem Wege ermittelt; sie ist = 367 Km.; mithin ist 1 Km. = 0,00273 Wärmeeinheiten.[1]) Durch Herabfallen von einer Höhe = 367^m erhält eine Masse die Endgeschwindigkeit = 84^m,8 in 1 Sek.: mithin entwickelt eine Masse, die sich mit dieser Geschwindigkeit bewegt, wenn sie ihre Bewegung durch Stoss, Reibung und dgl. verliert, 1° Wärme. Wird die Geschwindigkeit verdoppelt, oder verdreifacht, so erhält man 4° oder 9° Wärme u. s. f. Allgemein also, wenn die Geschwindigkeit c Meter beträgt, so ist die dazu gehörige Wärmeentwicklung = $0^0{,}000139 \times c^2$.

3. Von dem Maasse der Sonnenwärme.

Das Aktinometer ist ein von dem jüngeren Herschel erfundenes Werkzeug, um die Wirkung der Sonnenstrahlen der Grösse nach zu bestimmen. Dieses Instrument ist im wesentlichen ein Thermometer mit grossem cylindrischen Gefässe, in welchem eine intensiv-blaue Flüssigkeit sich befindet, die zum Auffangen der Sonnenstrahlen dient und durch ihre Ausdehnung die hervorgebrachte Erwärmung an einer graduirten Scale angibt.

Nach den mit diesem Instrumente angestellten Versuchen berechnet Herschel die erwärmende Kraft der Sonne so gross, dass durch diese Wärme auf der Erdoberfläche jährlich eine 29,2 Meter dicke Eisschichte geschmolzen werden könnte.

Durch sehr sorgfältige Experimente, welche in neuerer Zeit Pouillet mit einem von ihm selbst zu diesem Zwecke erfundenen Instrumente, dem Linsen-Pyrheliometer, angestellt hat, findet dieser grosse Physiker, dass durchschnittlich jedes Quadrat-Centimeter Erdoberfläche in einer Minute so viel Wärme von der Sonne empfängt, dass durch dieselbe 1 Grm. Wasser um 0°,4408 erwärmt werden kann. Von dieser Wärmemenge gelangt jedoch nicht viel über die Hälfte auf die feste Erdoberfläche, da stets ein beträchtlicher Theil davon durch die Atmosphäre absorbirt wird.

Die Eisschichte, welche nach dieser Berechnung Pouillet's durch die Sonne in einem Jahre auf der Erde geschmolzen werden könnte, hat eine Dicke von 39,89 Meter.

Nach Pouillet's Angabe, an welche wir uns hinfort halten wollen, erhält also ein Quadrat-Meter Erdoberfläche im Durchschnitte per Minute 4,408 Wärmeeinheiten. Da aber die ganze Erdoberfläche 9260500 Quadratmeilen — die geogr. Meile zu 7420^m gerechnet — enthält, so bekommt die Erde in jeder Minute 2247 Billionen Wärmeeinheiten von der Sonne.

Nennen wir, um kleinere Zahlen zu bekommen, die Wärmemenge, durch welche eine Kubikmeile Wasser um 1° erhöht wird, kurzweg eine Wärme-Kubikmeile, so wird, da eine Kubikmeile Wasser 408,54 Billionen Kilogramme wiegt, eine Wärme-Kubikmeile also = 408,54 Billionen Wärme-

[1]) „Wie man zu diesem wichtigen Resultate gelangt, habe ich an einem anderen Orte (die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel, Heilbronn 1845) dargelegt."

einheiten zu setzen ist, der von den Sonnenstrahlen auf die Erde in einer Minute ausgeübte Effect durch 5,5 Wärme-Kubikmeilen ausgedrückt.

Denkt man sich um die Sonne eine Hohlkugel gespannt, deren Halbmesser gleich ist der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne oder = 20589000 geographische Meilen, so ist die Oberfläche dieser Kugel = 5326 Billionen Quadratmeilen. Zu diesem Raume verhält sich die Durchschnittsfläche der Erdkugel, oder die Spitze des auf die Erde fallenden Lichtkegels, wie

$$\frac{9260500}{4} : 5326 \text{ Billionen, oder wie } 1 : 2300 \text{ Millionen.}$$

Dieses Verhältniss drückt den Bruchtheil aus, den die Erde von der Wärme erhält, die von der Sonne im Ganzen ausgesendet wird. Hiernach beläuft sich der ganze strahlende Effect der Sonne per Minute auf 12650 Millionen Wärme-Kubikmeilen.

Bei dieser erstaunlichen Ausstrahlung müsste ein Körper, auch von der Grösse unserer Sonnenkugel, in Bälde sich abkühlen, wenn nicht ein angemessener Wiederersatz stattfände.

Wird nämlich die Wärme-Capacität der Sonnenmasse, dem Volumen nach gerechnet, gleich der des Wassers, das unter allen bekannten Materien die grösste Wärme-Capacität besitzt, angenommen, und denkt man sich zugleich den Wärmeverlust, den die Sonne durch Strahlung erleidet, auf ihre ganze Masse gleichförmig vertheilt, so ergibt sich für dieselbe eine jährliche Abkühlung = 1°,8, wonach die Sonne in der geschichtlichen Zeit von 5000 Jahren eine Temperaturabnahme von 9000° erlitten haben müsste.

Uebrigens ist an eine gleichförmige Durchkühlung der ganzen ungeheuren Masse natürlich nicht zu denken; vielmehr müsste die Sonne, wenn ihre Ausstrahlung nur auf Kosten eines einmal gegebenen Vorrathes von Wärme oder von strahlender Kraft erfolgen sollte, offenbar in kurzer Frist sich mit einer erkalteten Kruste überziehen, womit die Strahlung ein Ende hätte. Die durch eine ungezählte Reihe von Jahrtausenden fortdauernde Thätigkeit der Sonne lässt also mit mathematischer Gewissheit auf einen dem grossartigen Verbrauche entsprechenden Wiederersatz schliessen.

Liegt dieser Wiederersatz in einem chemischen Processe?

Nehmen wir, um dieser Vermuthung so viel nur möglich einzuräumen, die ganze Sonnenmasse für einen Klumpen Steinkohlen, wovon jedes Kilogramm 6000 Wärmeeinheiten durch Verbrennung liefert, so wäre die Sonne nicht weiter als 46 Jahrhunderte lang im Stande, durch ihren Brand den genannten Wärmeaufwand zu bestreiten, — des zur Verbrennung nöthigen Sauerstoffes und noch manches entgegenstehenden Umstandes nicht zu gedenken.

Es wurde die Vermuthung ausgesprochen, die Axendrehung der Sonne könnte das ursächliche Moment von ihrem Strahlen sein. Bei näherer Prüfung zeigt sich aber auch diese Hypothese ganz unhaltbar.

Einen raschen Umschwung für sich allein, ohne Reibung, ohne Widerstand, kann man sich nicht als die Ursache einer Licht- und Wärmeentwickelung denken, zumal da die Sonne sich keineswegs durch ihre Umdrehungsgeschwindigkeit vor den übrigen Körpern des Planetensystems auszeichnet. Die Sonne bedarf nämlich zu einer Umdrehung eine Zeit von etwa 25 Tagen; da nun der Sonnendurchmesser nahe 112mal grösser ist, als der Erddurchmesser, so folgt daraus, dass ein Punkt des Sonnenäquators nur etwas über viermal schneller rotirt, als ein Punkt des Erdäquators. Der grösste Planet des Sonnensystemes, dessen Durchmesser circa $^1/_{10}$ von dem der Sonne beträgt, dreht sich in weniger als 10 Stunden um seine Axe; ein Punkt seines Aequators rotirt also ungefähr sechsmal schneller, als ein Punkt des Sonnenäquators. Der äussere Ring des Saturns übertrifft den Sonnenäquator in seiner Rotations-Geschwindigkeit um mehr als das zehnfache. Nichtsdestoweniger wird aber weder an der Erde noch am Jupiter, noch am Saturnusringe eine Licht- und Wärmeerzeugung wahrgenommen.

Inzwischen könnte man sich denken, dass auf der Sonne in Folge der Rotation eine Reibung stattfände, die auf anderen Himmelskörpern fehlt, wodurch dann allerdings eine grossartige Wärmeerzeugung hervorgebracht werden könnte. Zu einer Reibung sind aber allemal mindestens zwei Körper erforderlich, die in unmittelbarer Berührung mit einander stehen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten oder in verschiedenen Richtungen sich bewegen. Dabei liegt in der Reibung das Bestreben zur Herstellung einer gleichartigen Bewegung, und wenn diese eingetreten ist, hört die Action auf. Wenn nun die Sonne der eine bewegte Körper ist, welches ist dann der andere, und welche Gewalt hält diesen fest, damit er sich nicht in die Axendrehung der Sonne ergibt?

Wollte man sich aber auch über diese Schwierigkeiten hinwegsetzen, so stände einer solchen Hypothese noch ein weiteres und grösseres Hinderniss entgegen. Aus der bekannten Masse und dem Volumen der Sonne lässt sich die Grösse der lebendigen Kraft, welche die Sonne vermöge ihrer Umdrehung besitzt, berechnen; sie ist bei einer 25tägigen Rotationszeit (und unter der Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit, also höchstens) = 182300 Quinquillionen Kilogrammeter. Da nun für eine Wärmeeinheit 367 Kilogrammeter verbraucht werden müssen, so geht aus dem bisherigen hervor, dass der ganze Rotations-Effect der Sonne, wenn durch ihn der Wärmeverbrauch gedeckt werden sollte, in hundert drei und achtzig Jahren verzehrt sein müsste.

4. Die Entstehung der Sonnenwärme in der Organisation des Planetensystemes begründet.

Der Raum unseres Sonnensystemes ist mit einer grossen Zahl ponderabler Objecte bevölkert, die dem Newton'schen Gravitationsgesetze gemäss sich dem Schwerpunkte der Sonne zu nähern streben und bei ihrer Annäherung an denselben mehr und mehr in Bewegung gerathen.

Eine im Anziehungsbereiche der Sonne befindliche, anfänglich ruhende Masse wird der Anziehung folgend in Bewegung kommen und, wenn nicht noch anderweitige Einflüsse stattfinden, in geradem Laufe auf die Sonne hinabstürzen. In der Wirklichkeit kann aber eine solche geradlinige Bahn kaum je vorkommen, wie man sich leicht durch ein Experiment versinnlichen mag.

Wird nämlich ein Gewicht an einem Faden so aufgehangen, dass es nur in einem einzigen Punkte den Boden berühren kann, und wird dieses Gewicht auf einer gewissen Höhe bei angespanntem Faden seiner Schwere überlassen, so sieht man beinahe ohne Ausnahme, dass dasselbe in seinem schiefen Falle jenen Punkt, dem es vermöge der Anziehung der Erde zustrebt, nicht wirklich erreicht, sondern vielmehr längere Zeit um denselben in einer krummen Bahn herumläuft.

Der Grund dieser Erscheinung liegt einfach darin, dass die geringste Ablenkung von dem kürzesten Wege, z. B. der Widerstand der Luft gegen eine nicht vollkommen gleichförmige Oberfläche u. s. w., jenes Zusammentreffen hindern kann, und dass eine einmal vorhandene Ablenkung, solange das Gewicht in Bewegung bleibt, sich fort und fort erhält.

Inzwischen ist ein Zusammentreffen immerhin möglich; die Wahrscheinlichkeit dazu wird aber um so geringer sein, je grösser die (lothrechte) Fallhöhe, je länger der Faden und je kleiner die Berührungsfläche ist.

Aehnliche Gesetze gelten bei den Bewegungen der Körper im Raume des Sonnensystemes. Die Fallhöhe ist hier die ursprüngliche Entfernung von der Sonne, in welcher ein Körper seine Bewegung beginnt, die Länge des Fadens stellt die in die Entfernung abnehmende Anziehung der Sonne dar, und die Berührungsfläche ist die Durchschnittsfläche der Sonnenkugel. Wenn nun eine kosmische Masse an der physischen Grenze der Anziehungssphäre unserer Sonne ihren Fall gegen diesen Himmelskörper beginnt, so ist sie auf ihrer unermesslichen Bahnstrecke bei der anfänglich äusserst schwachen Anziehung der Sonne viele Jahrhunderte lang zuerst dem störenden Einflusse der nächsten Fixsterne und später dem der planetarischen Körper des Sonnensystemes ausgesetzt, und es liegt somit eine geradlinige Bahn dieser Masse, oder ein senkrechtes Herabstürzen auf die Sonne, ausser dem Bereiche der Möglichkeit. Hiermit stimmt denn auch die Beobachtung von den krummlinigen geschlossenen Bahnen aller bekannten planetarischen Massen überein.

Kehren wir zu dem Beispiele des an einem Faden schwingenden Gewichtes zurück, so bemerken wir, dass dasselbe fortwährend Bahnen um den Anziehungspunkt beschreibt, deren Durchmesser sich nahezu gleich bleiben. Bei anhaltender Beobachtung finden wir aber, dass dieser Durchmesser allmälig abnimmt, dass somit das Gewicht der Berührungsstelle sich beständig nähert und zuletzt unfehlbar mit derselben zusammenfällt, welch' letzteres nothwendig dann eintreten muss, wenn der Bahndurchmesser den Durchmesser der Berührungsfläche an Grösse nicht mehr übertrifft. Diese endliche Berührung ist also keineswegs ein zufälliges oder

gar unwahrscheinliches, sondern sie ist vielmehr ein nothwendiges Ereigniss, herbeigeführt durch die Hindernisse, die die schwingende Masse fortwährend auf ihrer Bahn durch Reibung und Luftwiderstand erfährt. Gelänge es aber, alle Hindernisse vollkommen zu beseitigen, dann würde sich allerdings die Masse in immer gleichen Schwingungen behaupten.

Das gleiche Gesetz gilt wiederum auch für die Himmelskörper. Die Bewegung derselben in einer absoluten Leere bedingt einen gleichförmigen Gang, wie den eines mathematischen Pendels; ein im Raume verbreitetes, Widerstand leistendes Medium dagegen nöthigt die planetarischen Körper, in immer kürzeren Bahnen um die Sonne zu laufen und endlich bleibend mit ihr sich zu vereinigen.

Einen solchen Widerstand angenommen, so haben diese wandernden Himmelskörper in der Peripherie des Sonnensystemes ihre Wiege, im Centrum ihr Grab, und wie lange auch die Dauer und wie gross auch die Zahl ihrer Umläufe sein mag, so werden durchschnittlich in einem gewissen Zeitraume ebenso viele Massen auf der Sonne anlangen, als früher einmal in einem gleichen Zeitraume in ihren Anziehungsbereich eingetreten sind.

Alle diese Massen stürzen mit einem heftigen Stosse in ihr gemeinsames Grab. Da nun keine Ursache ohne Wirkung besteht, so muss auch jede dieser kosmischen Massen, ebenso wie ein zur Erde fallendes Gewicht, durch ihren Stoss eine, ihrer lebendigen Kraft proportionale Wirkung, eine gewisse Menge von Wärme, hervorbringen.

An die Vorstellung also von einer den weiten Himmelsraum durch Anziehung beherrschenden Sonne, von allenthalben im Universum verbreiteten, wägbaren Materien und von einer die Welt erfüllenden, widerstandleistenden ätherischen Substanz, an diese Vorstellungen knüpft sich mit innerer Nothwendigkeit eine andere, nämlich die von einer fortlaufenden, unerschöpflichen Erzeugung von Wärme auf dem Centralkörper dieses kosmischen Systemes.

Ob nun eine solche Vorstellung in unserem Sonnensysteme realisirt, ob mit anderen Worten die immerwährende, wundervolle Licht- und Wärmeentwicklung eine Wirkung kosmischer Materien ist, die sich ohne Unterbrechung in die Sonne stürzen, diese Frage soll jetzt einer näheren Prüfung unterworfen werden.

Was zuerst die Existenz von Urmaterien betrifft, die im Weltenraume schweben und der Massenanziehung des nächstgelegenen Sternsystemes, anfänglich mit äusserster Langsamkeit, folgen sollen, so werden die Astronomen und Physiker wohl kaum eine solche in Abrede zu ziehen geneigt sein; denn der Reichthum der uns umgebenden Natur, sowie der Anblick des gestirnten Himmels, der durch seine erstaunliche Fülle den Beobachter zur Bewunderung hinreisst, lässt uns nicht glauben, dass der unermessliche Raum, der unser Sonnensystem von dem Gebiete anderer Fixsterne abscheidet, von jeder Materie entblösst, nur aus einer völlig leeren Einöde bestehen sollte.

Lassen wir jedoch alle Vermuthungen über Gegenstände, die uns dem Raume und der Zeit nach so ferne stehen, und halten wir uns ausschliesslich an das, was die Beobachtung gegenwärtiger Dinge lehrt.

Im Raume des Sonnensystemes bewegen sich ausser den jetzt bekannten 14 Planeten und deren 18 Trabanten noch eine sehr grosse Zahl anderer Himmelsmassen, von welchen die Kometen zunächst Erwähnung verdienen.

Kepler's berühmter Ausspruch: „es gibt mehr Kometen im Himmelsraume, als Fische im Ocean", gründet sich auf die Thatsache, dass nur ein sehr geringer Theil von der Gesammtzahl der Kometen unseres Sonnensystemes in ihrem Laufe den Erdbewohnern zu Gesichte kommen kann, und dass mithin nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung aus der nicht unbeträchtlichen Zahl wirklich beobachteter Kometen noch auf eine weit grössere Masse solcher geschlossen werden muss, die sich ausser unserem Gesichtskreise bewegen.

Neben den Planeten, Monden und Kometen gibt es aber in unserem Sonnensysteme noch eine weitere Kategorie von Himmelskörpern. Es sind dieses geballte Massen, die ihrer verhältnissmässig ausserordentlich geringen Grösse wegen als kosmische Atome angesehen werden können, und denen Arago den passenden Namen „Asteroiden" gegeben hat. Wie die Planeten und Kometen, so folgen auch sie den Gesetzen der Schwere und umkreisen in elliptischen Bahnen die Sonne. Sie sind es, die, wenn sie durch Zufall in die unmittelbare Nähe der Erde kommen, das sich unaufhörlich wiederholende Schauspiel der Sternschnuppen und Feuerkugeln darstellen.

Anhaltende Beobachtungen haben gelehrt, dass in einer hellen Nacht selten zwanzig Minuten vergehen, worin nicht von einem beliebigen Standorte aus eine Sternschnuppe wahrgenommen werden kann. Zu gewissen Zeiten aber werden diese Meteore in erstaunlich grosser Menge beobachtet, und man hat z. B. die Zahl derselben während eines neunstündigen Sternschnuppenfalles in Boston, wo sie „wie Schneeflocken zusammengedrängt" fielen, auf wenigstens 240000 berechnet. Alles zusammengenommen lässt sich die Zahl der binnen Jahresfrist in die Nähe der Erde kommenden Asteroiden auf Hunderte und Tausende von Millionen schätzen. Ohne allen Zweifel ist dieses aber wiederum nur ein verschwindend kleiner Theil von der Gesammtzahl der Asteroiden, die um die Sonne treiben, und wenn man auf diese letztere nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung einen Schluss zieht, so verliert man sich ins Grenzenlose.

Wie schon erwähnt wurde, hängt es von der Existenz eines Widerstand leistenden Aethers ab, ob diese Himmelskörper, Planeten, Kometen, Asteroiden, in gleichbleibenden mittleren Entfernungen die Sonne umkreisen, oder ob sie alle in einer beständigen Annäherung gegen den Centralkörper begriffen sind.

Ueber die factische Existenz eines solchen Aethers waltet aber unter den Naturforschern kein Zweifel ob. Hören wir, wie sich unter Anderen Littrow hierüber äussert: „die Annahme, dass die Planeten und Kometen sich im absolut leeren Raum des Himmels bewegen, kann auf keine Weise

gestattet werden. Wenn es in dem Weltenraume auch keine andere flüssige Materie gäbe, als die, welche zur Existenz des Lichtes nothwendig ist (dieses Licht mag nun nach der Emissionstheorie selbst materiell sein, oder nach der Undulationslehre in den Schwingungen eines überall verbreiteten Aethers bestehen), so ist dieses allein schon hinlänglich, die Bewegungen der Planeten in einem solchen Medium in der Folge der Zeiten und damit die Anordnung des Systemes selbst gänzlich zu ändern, ja die gegenwärtige Einrichtung desselben ganz aufzuheben, da die endliche Folge eines solchen widerstehenden Mittels das Herabstürzen aller Planeten und Kometen auf die Sonne sein muss."

Einen directen Beweis von dem Vorhandensein eines solchen Widerstandes hat der Akademiker Encke geliefert, indem er nachgewiesen hat, dass der von ihm berechnete und nach ihm benannte Komet, welcher in der kurzen Zeit von 1207 Tagen um die Sonne läuft, eine regelmässige Beschleunigung seiner Bewegung zeigt, vermöge derer sich seine Umlaufszeit jedesmal um ungefähr sechs Stunden verkürzt.

Es ist der Natur der Sache angemessen, dass die Planeten, ihrer ausnehmenden Grösse und Dichtigkeit wegen, eine nur sehr langsame und bis jetzt unmerkliche Verminderung ihrer Bahndurchmesser erfahren. Dagegen müssen sich die kleinen kosmischen Massen unter sonst gleichen Umständen in dem Maasse der Sonne rascher nähern, je kleiner ihr körperlicher Durchmesser ist, und es kann mithin geschehen, dass in einem Zeitraume, in welchem der mittlere Abstand der Erde von der Sonne um ein Meter abnimmt, ein kleines Asteroid einen Weg von mehr als tausend Meilen gegen die Sonne zurücklegt.

Da sich von allen Seiten langsam aber unaufhaltbar ein unermesslicher Strom wägbarer Substanzen der Sonne zuwälzt, so müssen sich diese Massen bei ihrer Annäherung an den gemeinschaftlichen Mittelpunkt immer dichter und dichter zusammendrängen. Die Vermuthung liegt deshalb nahe, dass jenes schwache neblige Licht, das in ungeheuren Dimensionen die Sonne umgibt, das Zodiakallicht nämlich, sein Dasein solchen zusammengedrängten Asteroiden verdanken könne. Wie dem aber auch sei, so ist mindestens ausgemacht, dass diese Lichterscheinung von materiellen Substanzen herrührt, die nach den gleichen Gesetzen, wie die Planeten u. s. w. um die Sonne sich bewegen, und es muss daher auch die ganze Zodiakallicht-Masse in fortwährender Annäherung gegen die Sonne, beziehungsweise in einem Zusammenstürzen mit derselben begriffen sein.

Dieses Licht umgibt die Sonne nicht von allen Seiten gleichförmig, d. h. seine Gestalt ist nicht die einer Kugel, sondern die einer sehr plattgedrückten Linse, deren grössere Durchmesser in die Ebene des Sonnenäquators fallen, wodurch dasselbe von der Erde aus gesehen in Form einer aufsteigenden Pyramide sich darstellt. Eine solche linsen- oder scheibenartige Vertheilung der Massen im Himmelsraume findet sich bei der Disposition der Planeten und der Fixsterne auf eine merkwürdige Weise wiederholt.

Aus der grossen Anzahl kometarischer Massen und der Asteroiden, sowie aus dem Vorhandensein der Zodiakallicht-Materie einerseits und der Existenz eines widerstandleistenden Aethers andererseits ergibt sich mit Nothwendigkeit, dass fort und fort wägbare Substanzen auf der Sonnenoberfläche anlangen müssen. Der Effect aber, den diese Massen dort ausüben, hängt offenbar von ihrer Endgeschwindigkeit ab, und um diese zu finden, wollen wir einige Elementarsätze der Gravitationslehre kurz erörtern.

Ein Gewicht, das auf einen Weltkörper, von dem es angezogen wird, herabfällt, kommt mit um so grösserer Endgeschwindigkeit auf der Oberfläche des anziehenden Gestirnes an, je grösser die Höhe ist, von der aus das Gewicht seinen Fall begonnen hat. Diese Endgeschwindigkeit kann aber, wenn das Gewicht seine Bewegung nur durch Fallen erhält, eine gewisse Grösse nicht übersteigen; sie hat ein Maximum, dessen Werth von der Natur des anziehenden Himmelskörpers, nämlich von dem Volumen und der Masse desselben, abhängt.

Es sei der Halbmesser des als kugelförmig und compact gedachten Weltkörpers, nach Metern gezählt, $= r$, die Endgeschwindigkeit, die ein an der Oberfläche dieses Weltkörpers frei fallendes Gewicht in der ersten Sekunde erhält, sei, ebenfalls nach Metern gezählt, $= g$, so ist die grösste Geschwindigkeit, die das Gewicht durch seinen Fall gegen diesen Weltkörper erlangen kann, oder die Geschwindigkeit, mit der es nach einem Falle aus unendlicher Höhe auf der Oberfläche ankommt, $= \sqrt{2gr}$ (Meter in einer Sekunde). Diese Zahl wollen wir der Kürze wegen G nennen.

Für die Erde ist $g = 9{,}8164\ldots$ und $r = 6\,369\,800$. Folglich ist für dieselbe

$$G = \sqrt{(2 \times 9.8164 \times 6\,369\,800)} = 11183.$$

Der Sonnenhalbmesser ist 112,05 Mal grösser als der Halbmesser der Erde, die Fallgeschwindigkeit aber ist auf der Sonnenoberfläche 28,36 Mal so gross als auf der Oberfläche der Erde. Folglich ist für die Sonne das Maximum der Fallgeschwindigkeit, oder

$$G = \sqrt{(28{,}36 \times 112{,}05)} \times 11183 = 630\,400,$$

d. h. es beträgt diese Geschwindigkeit 630 400 Meter = 85 geogr. Meilen in einer Sekunde.

Mit Hilfe dieser constanten Zahl G, welche man die Charakteristik des Sonnensystems nennen kann, lässt sich die Geschwindigkeit, die ein in einer Centralbewegung begriffener Körper in irgend einem Punkte seiner Bahn besitzt, leicht auffinden. Es sei die mittlere Entfernung des planetarischen Körpers, oder die halbe grosse Axe seiner Bahn, vom Schwerpunkte der Sonne aus gerechnet, und nach Sonnenhalbmessern gezählt, $= a$, die jeweilige Entfernung vom Sonnenschwerpunkte, ebenfalls nach Sonnenhalbmessern gezählt, $= h$, so ist die Geschwindigkeit, die der planetarische Körper in der Entfernung h besitzt, in Metern ausgedrückt

$$= G \times \sqrt{\frac{2a - h}{2a \times h}}.$$

In dem Augenblicke, wo der planetarische Körper die Sonnenoberfläche trifft, ist $h = 1$, mithin ist hier seine Geschwindigkeit

$$= G \times \sqrt{\frac{2a-1}{2a}}.$$

Aus dieser Formel geht hervor, dass die Geschwindigkeit, mit der ein planetarischer Körper auf der Sonne ankommt, um so kleiner wird, je kleiner die grosse Axe seiner Bahn, $2a$, ist. Diese Geschwindigkeit hat aber eben sowohl wie die grosse Axe ein Minimum, denn so lange der planetarische Körper ausserhalb der Sonne sich bewegt, kann seine grosse Axe nie kleiner als der Sonnendurchmesser, oder es kann die nach Sonnenhalbmessern gezählte Grösse $2a$ nie kleiner als 2 sein. Die denkbar kleinste Geschwindigkeit eines auf die Sonne stürzenden kosmischen Körpers ist demnach

$$= G \times \sqrt{\frac{1}{2}} = 445\,750,$$

oder diese Geschwindigkeit beträgt 60 geogr. Meilen in 1 Sekunde.

Für diesen kleinsten Werth ist die Bahn des Asteroids kreisförmig; sie wird für grössere Werthe elliptisch, bis sie endlich unter zunehmender Excentricität für einen unendlich grossen Werth von $2a$ zur Parabel wird. In diesem Falle ist die Geschwindigkeit

$$= G \times \sqrt{\frac{\infty - 1}{\infty}} = G,$$

oder sie ist = 85 Meilen in 1 Sekunde.

Die Geschwindigkeit kann noch weiter bis ins Endlose wachsen, wenn die grosse Axe einen negativen Werth erhält, oder die Bahn hyperbolisch wird. Da aber solche Fälle nur dann eintreten können, wenn kosmische Massen mit einer gewissen Wurfgeschwindigkeit in den Raum des Sonnensystemes eindringen, solche Massen ferner, wenn sie die Sonnenoberfläche einmal verfehlt haben, ohne je wiederzukehren in das All hinaussteuern, so muss eine den Werth von G übersteigende Geschwindigkeit mindestens als höchst seltene Ausnahme betrachtet werden, weshalb wir, um sicher zu gehen, nur die in einen Rahmen von 60 bis 85 Meilen eingeschlossenen Geschwindigkeiten in Betracht ziehen wollen[1]).

Die Endgeschwindigkeit, mit der ein lothrecht herabfallendes Gewicht auf der Sonne ankommt, wird durch die Formel erhalten

$$c = G \sqrt{\frac{h-1}{h}},$$

---

[1]) Die relative Geschwindigkeit, mit der ein Asteroid die Sonnenoberfläche trifft, hängt zum Theil auch einigermassen von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Sonne ab. Dieses in jeder Hinsicht untergeordnete Moment kann jedoch hier ebensowohl, als ein etwaiger Rotations-Effect der stürzenden Asteroiden, ausser Acht gelassen werden.

wo c die gesuchte Endgeschwindigkeit nach Metern gezählt, und h die anfängliche Entfernung (Fallhöhe) vom Sonnenmittelpunkte aus gerechnet und nach Sonnenhalbmessern gezählt, ausdrückt. Vergleicht man diese Formel mit den vorhergehenden, so sieht man, dass eine in einer Central-Bewegung begriffene, auf der Sonne anlangende Masse die nämliche Geschwindigkeit hat, als ob diese Masse aus einer der grossen Axe ihrer Bahn gleichen Entfernung (vom Sonnenmittelpunkte aus gerechnet) lothrecht herabgestürzt wäre, woraus man zugleich ersieht, dass ein auf der Sonne ankommender planetarischer Körper mindestens so schnell sich bewegt, als ein Gewicht, das einen Sonnenhalbmesser oder 96000 geogr. Meilen hoch auf die Sonne frei herabgefallen ist.

Welches ist nun der solchen Geschwindigkeiten entsprechende Wärme-Effect? Ist derselbe gross genug, um bei der gewaltigen Wärmeentwicklung auf jenem Gestirne in Betracht kommen zu können?

Diese entscheidende Frage lässt sich aus dem Vorangehenden leicht beantworten. Nach der am Schlusse des 2ten Capitels gegebenen Formel ist der Wärme-erregende Effect beim Stosse

$$= 0^{0},000139 \times c^{2},$$

wo c die Geschwindigkeit des stossenden Körpers nach Metern gerechnet ausdrückt. Da nun die Geschwindigkeit eines Asteroids beim Zusammenstossen mit der Sonne 445750 bis 630400 Meter beträgt, so ist der Effect $= 27^{1}/_{2}$ bis 55 Millionen Grad Wärme. Eine Asteroid-Masse gibt also bei ihrem Sturze auf die Sonne 4600 bis 9200 Mal so viel Wärme, als eine gleich grosse Menge Steinkohlen (à 6000 Calorien) durch Verbrennen liefert!

5. Die Entstehung der Sonnenwärme.
Fortsetzung.

Eines der grossartigsten Räthsel, die Frage nach der Ursache der krummlinigen Bahnen der Planeten, hat Newton gelöst und zwar, wie gesagt wird, durch Nachdenken über den Fall eines Apfels. Diese Erzählung hat nichts Unwahrscheinliches; denn wenn man sich darüber klar geworden ist, dass zwischen Klein und Gross nur ein quantitativer, kein qualitativer, Unterschied besteht, wenn man, nicht Gehör gebend den Einflüsterungen einer immer regen Phantasie, in den kleinsten wie in den grössten Naturprocessen dieselben Gesetze aufsucht, dann ist man auf dem rechten Wege zur Erkenntniss der Wahrheit.

Gerade diese allgemeine Gültigkeit liegt im Wesen der Naturgesetze und ist ein Probierstein für die Richtigkeit menschlicher Theorien. Wir beobachten den Fall eines Apfels, erforschen das dieser Erscheinung zu Grunde liegende Gesetz; an die Stelle der Erde setzen wir die Sonne, an die des Apfels einen Planeten und — wir haben den Schlüssel zur Mechanik des Himmels in den Händen.

Da nun Kleines mit Grossem zusammengestellt werden darf, so sei es gestattet, die von Newton befolgte Methode auch zur Lösung des Pro-

blemes von der Erzeugung der Sonnenwärme anzuwenden. Wir kennen einerseits den auf der Oberfläche der Erde herrschenden gesetzmässigen Zusammenhang zwischen Fallhöhe, Geschwindigkeit, lebendiger Kraft und Wärmeerzeugung, setzen wiederum an die Stelle der Erde die 350 000 Mal massenreichere Sonne, an die Stelle einer Fallhöhe von einigen Metern kosmische Höhen und finden eine alles irdische Maass übersteigende Wärmeentwicklung. Da wir nun andererseits Gründe genug haben, einen solchen kosmisch-mechanischen Process als thatsächlich anzunehmen, so haben wir eine, und zwar die bis jetzt einzig haltbare, Erklärung von der Entwicklung der Sonnenwärme gefunden.

Dass die bei terrestrisch-mechanischen Processen erzeugte Wärme der Menge nach in der Regel weit hinter der auf chemischem Wege, durch Verbrennung gewonnenen, zurückbleibt und zurückbleiben muss, ergibt sich aus den erörterten Gesetzen von selbst und kann auf keine Weise gegen die Annahme grösserer Wärmeentwicklung bei grösseren mechanischen Processen geltend gemacht werden.

Es wurde gezeigt, dass ein von einer Höhe = 367^{m} auf die Erde herabfallendes Gewicht nur den sechstausendsten Theil der Wärme entbindet, die ein gleich grosses Gewicht Steinkohlen durch Verbrennung gibt. Ebenso gering ist die von einem Gewichte entwickelte Wärmemenge, wenn das Gewicht die nicht unbeträchtliche Geschwindigkeit = 85^{m} in einer Sekunde besitzt. Da aber nach den sicheren Gesetzen der Mechanik der Effect dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional wächst, so muss das Gewicht, wenn es sich hundertmal schneller, oder mit einer Geschwindigkeit = 8500^{m}, bewegt, einen Effect hervorbringen, der bereits grösser ist, als der eines gleichen Gewichtes verbrennender Steinkohlen.

Freilich lässt sich eine so grosse Geschwindigkeit mit unseren Mitteln nicht hervorbringen; immerhin ist aber die Entwicklung hoher Temperaturgrade bei mechanischen Vorgängen eine Sache der stündlichen Erfahrung.

Bei Feuerschlagen erhitzen sich die durch einen leichten Stoss vom spröden Strahle losgerissenen Splitter stark genug, um in der Luft sofort zu verbrennen. — Wenige Schläge von einem gewandten Schmiede mit dem Hammer geführt vermögen ein kaltes Stück Metall an der getroffenen Stelle zum Glühen zu bringen.

Eine neugemachte Kurbel eines Dampfschiffes, welche sich durch Bewegung glatt reiben sollte, erhitzte sich dabei zum völligen Rothglühen und erforderte mehrere Kübel Wasser zur Abkühlung.

Wenn ein Eisenbahnzug eine starke Krümmung, obschon mit sehr ermässigter Geschwindigkeit befährt, so sprühen in Folge der Reibung Massen von Funken über die Schienen hin. U. s. f.

Einer von den grossartigsten Bewegungs-Apparaten, welche von menschlicher Kunst hergestellt worden, ist die von dem trefflichen Ingenieur J. Rupp vor dreissig Jahren am Pilatusberge erbaute berühmte Holzleitung, auf welcher das unbenützte Holz jener Urwälder in die Ebene hinabgelassen wurde. Die zu diesem Zwecke errichtete kolossale hölzerne

Rinne hatte eine Länge von drei Stunden und die grössten Stämme gelangten in derselben binnen $2^1/_2$ Minuten von der Höhe des Berges bis in die Ebene hinab. Die Gewalt, mit welcher das Holz unten anlangte, war so gross, dass Bäume, wenn sie aus der Rinne seitwärts herausgelassen wurden, mit ihrem dicken Ende 6 bis 8 Meter tief in den Erdboden drangen. Um eine allzugrosse Erhitzung, ein Verkohlen und Entzünden der herabschiessenden Stämme zu verhüten, musste von vielen Seiten Wasser in die Rinne geleitet werden.

Dieser gewaltige terrestrisch-mechanische Process ist aber, den auf der Sonne stattfindenden kosmischen Processen gegenüber, wahrhaft verschwindend klein zu nennen; denn dort ist es die Sonnenmasse, welche anzieht, und an die Stelle des Pilatus treten Fallhöhen von 100 000 und mehr Meilen, weshalb denn auch der Wärme-Effect dort zum mindesten 9 millionenmal grösser ist, als hier.

Gehen Wärmestrahlen durch Glas oder andere durchsichtige Körper hindurch, so erleiden sie dabei eine Schwächung, die aber je nach der Temperaturverschiedenheit der Quelle, aus der die Strahlen fliessen, verschieden gross ist. Befindet sich die Temperatur der Wärmequelle unter der des kochenden Wassers, so werden die davon ausgehenden Wärmestrahlen auch durch die dünnste Glasplatte fast bis auf die letzte Spur zurückgehalten. Dagegen wächst die diathermane Energie der Strahlen fortwährend, wie die Temperatur der Quelle höher wird. So schwächt z. B. eine Glasscheibe die Wärmestrahlen eines dunkelrothglühenden Körpers, wenn man demselben auch noch so nahe rückt, viel stärker, als die eines weissglühenden bei viel grösserer Entfernung. Wenn man nun die Qualität der Sonnenstrahlen in dieser Rücksicht prüft, so findet man, dass diese durch ihre ausserordentliche diathermane Energie alle künstlichen Wärmestrahlen bei weitem übertreffen. Denn wenn man das Sonnenlicht in dem Brennpunkte eines concaven Metallspiegels sammelt, und dann vor diesen Spiegel einen Glasschirm setzt, so wird dadurch die Temperatur des Brennpunktes nur sehr wenig, etwa nur um $^1/_7$ oder $^1/_8$ vermindert; stellt man aber den nämlichen Versuch mit einem künstlichen Feuer an, so findet man, dass während eine directe Zurückwerfung vom Metallspiegel ohne Glasschirm eine starke Hitze bewirkt, nach Zwischensetzung des Schirmes eine sehr schwache, oft unmerkliche, Wärme entsteht, selbst wenn man sich dem Feuer so weit nähert, dass das Lichtbild im Brennpunkte lebhafter wird, als zuvor.

Dieses Erfahrungsgesetz, dass die raumdurchdringende Energie der Wärmestrahlen im allgemeinen zunimmt, wenn die Temperatur ihrer Quelle eine höhere wird, lehrt, dass auf der Sonnenoberfläche eine weit grössere Hitze herrschen muss, als der heftigste Verbrennungsprocess hervorzubringen vermag.

Zu dem nämlichen Resultate gelangt man auch auf anderen Wegen. Stellt man sich eine um die Sonne gespannte Hohlkugel vor, so sieht man, dass die ganze Strahlenmenge, die diese Kugelfläche erhält, den Wärmestrahlen entsprechen muss, welche von der Sonnenoberfläche ausgesendet werden. Eine solche, in der Entfernung unserer Erde um die Sonne ausgespannte, Hohlkugel hat nun bei einem 215mal grösseren Radius eine 46000mal grössere Oberfläche als die Sonnenkugel, woraus folgt, dass eine in der Entfernung der Erde den Sonnenstrahlen rechtwinkelig ausgesetzte Fläche diese Strahlen in 46000facher Verdünnung erhält. Rechnet man hinzu, dass durch die Erdatmosphäre stets ein Theil der Sonnenstrahlen absorbirt wird, so findet man, dass sich die Strahlen unserer tropischen Mittagssonne mindestens in einer 50 bis 60000fachen Verdünnung befinden. Diese Strahlen in einer Ausdehnung von 5 bis 6 Quadrat-Metern gesammelt und auf ein Quadrat-Centimeter concentrirt, würden eine der Sonnenoberfläche annähernd gleichkommende Temperatur hervorbringen. Eine solche Hitze wäre aber mehr als hinreichend, um die strengflüssigsten Metalle zu vergasen.

Auch die im 3. Cap. ihrer Grösse nach berechnete Ausstrahlung der Sonnenoberfläche beweist die dort herrschende enorme Hitze. Aus den oben gegebenen Grössenbestimmungen findet man nämlich, dass jedes Quadrat-Centimeter Sonnenoberfläche in einer Minute circa 80 Wärmeeinheiten ausstrahlt, — eine, im Vergleiche mit terrestrischen Strahlungsprocessen ganz ungeheure Grösse.

Eine richtige Theorie von dem Ursprunge der Sonnenwärme muss über den Grund und das Zustandekommen einer solchen extremen Temperatur Auskunft geben. Die Erklärung davon geht aus dem Bisherigen von selbst hervor.

Nach Pouillet beträgt die Temperatur der heftigsten Weissglühhitze 1500° C. Die Verbrennungswärme von einem Kilogramme Wasserstoffgas beläuft sich nach den Versuchen von Dulong auf etwa 34500, nach den neuesten Versuchen von Grassi auf 34666 Wärmeeinheiten. Da sich nun ein Gewichtstheil Wasserstoff bei der Verbrennung mit acht Gewichtstheilen Sauerstoff verbindet, so giebt das Knallgas eine Verbrennungswärme von 3850°.

Vergleicht man diese künstlichen Feuer mit der von einem auf die Sonne stürzenden Asteroide hervorgebrachten Hitze, so findet man die letztere (auch abgesehen von der im Vergleiche zum Wasser wahrscheinlich ziemlich geringen Wärme-Capacität der Asteroid-Massen) 7 bis 14000mal grösser, als selbst die Hitze eines Knallgasgebläses, woraus sich denn die ausserordentliche diathermane Energie der Sonnenstrahlen, die unermesslich grosse Ausstrahlung der Sonnenoberfläche und die extreme Hitze im Focus der Brennspiegel leicht ergibt.

Aus den angeführten Thatsachen geht noch ferner hervor, dass jeder chemische Process — wenn man nicht für die Sonne Materien von unbekannten und unerhörten chemischen Qualitäten als einen *deus ex machina* supponiren wollte — unzureichend wäre, die Strahlung der Sonne

in ihrem gegenwärtigen Stande zu unterhalten; ja, es ergibt sich sogar daraus, dass die chemische Natur der herabstürzenden Massen bei diesem grossartigen Naturprocesse fast gar nicht mehr in Betracht kommt, sofern der Effect sich nicht um ein *pro mille* ändert, die herabfallenden Massen mögen nun aus höchst brennbaren oder aus chemisch todten Substanzen bestehen; denn wie das blendendste Licht einer künstlichen Flamme durch das in mehr als 100 000facher Verdünnung befindliche Sonnenlicht verdunkelt wird, so tritt die stärkste chemische Action vor jenem kosmisch-mechanischen Processe in den Hintergrund.

Die aus der Temperatur der Sonne resultirende Qualität ihrer Strahlen ist für uns Erdenbewohner von grosser Wichtigkeit. Wäre die Ursache der Sonnenwärme nichts weiter als ein chemischer Process, und beliefe sich die Temperatur an der Quelle nur auf einige tausend Grade, so könnte der Erdboden zwar wohl durch die Sonne erleuchtet werden, das Wichtigste aber, die Wärme, würde zum grossen Theile von den oberen Schichten der Atmosphäre absorbirt und in den Weltraum wieder zurückgesendet. Vermöge der hohen Temperatur der Wärmequelle aber ist die Atmosphäre der Erde für die Wärmestrahlen der Sonne ausgezeichnet diatherman, und somit setzen sich diese Strahlen grossentheils als freie Wärme an der soliden Oberfläche der Erde ab. Bei der relativ sehr niederen Temperatur dieser Oberfläche nun vermag die Bodenwärme nicht so leicht wieder rückwärts die Atmosphäre strahlend zu durchdringen und in den Weltraum auszuströmen. Es bildet also die Atmosphäre eine Hülle, welche dem Eindringen der Sonnenstrahlen einen geringen, dem Ausstrahlen der Erdwärme aber einen grossen Widerstand entgegensetzt und, wie ein nach unten sich öffnendes, nach oben sich schliessendes Ventil, die Wärme auf der Erdoberfläche zusammenhält.

Für die meteorologischen Processe und die klimatischen Verhältnisse unseres Planeten ist dieser Umstand von hoher Bedeutung. Denn da der luftförmigen Bekleidung des festen Erdkörpers für die Sonnenstrahlen eine grosse, für die relativ sehr kalte Erdoberfläche aber eine geringe Diathermansie zukommt, so muss durch die Umhüllung die mittlere Temperatur der Erdoberfläche sehr erhöht werden. Denkt man sich die Atmosphäre von der Erde weggenommen, so würde die Temperatur des Erdbodens nach Sonnenuntergang und im Schatten schnell zur intensivsten Kälte — zur Temperatur des Weltraumes — herabsinken, und selbst zwischen den Wendekreisen würde die Mittagssonne nicht mehr hinreichen, das zu Felsen erstarrte Wasser zu erweichen.

Zwischen dieser Kälte, welche aller Orten und zu allen Jahres- und Tageszeiten nach Wegnahme der Atmosphäre herrschen würde, und der durch die wirkliche Existenz der Atmosphäre bedingten gemässigten Temperatur lassen sich nun Uebergänge denken, welche durch eine allmälige Verdünnung der Atmosphäre vermittelt werden, wobei man leicht sieht, dass die mittlere Temperatur der Erde in dem Maasse abnehmen müsste, als ihre Atmosphäre verdünnt würde. Eine solche Verdünnung

der luftförmigen, die Sonnenwärme klappenartig zurückhaltenden Umhüllung tritt aber mit der Elevation über den Meeresspiegel wirklich ein und ist deswegen auch mit einer entsprechenden Wärmeabnahme nothwendig verknüpft.

Diese allbekannte Thatsache der geringeren mittleren Wärme höher gelegener Orte hat zu den sonderbarsten Hypothesen Veranlassung gegeben. Es sollten die Sonnenstrahlen an und für sich nicht die vollständigen Bedingungen der Wärmeentwicklung enthalten, vielmehr sollte durch diese Strahlen nur der an die Erde gebundene Wärme„stoff" in Bewegung gesetzt oder erwärmt werden. Der von der Erde durch Anziehung festgehaltene, ruhende oder kalte Wärme„stoff" finde sich vornehmlich in der Tiefe angesammelt, weshalb denn die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen auf hohen Bergen so gar gering sei, und woraus sich nebenbei auch ganz gut erklären lasse, warum die Sonne ihrer beständigen Strahlung unerachtet nicht erkalte.

Dieser namentlich unter Laien vielverbreitete und schwerlich auszurottende Glaube wird durch die vortrefflichen pyrheliometrischen Versuche, welche Pouillet auf verschiedenen Höhen angestellt hat, direct widerlegt. Es ergibt sich nämlich aus diesen Versuchen, dass die Wärmeentwicklung durch die Sonnenstrahlen unter sonst gleichen Umständen in der Höhe in der That stärker ist, als in der Tiefe, und dass also ein Theil der Sonnenstrahlen sammt ihrer wärmeerregenden Kraft beim Durchgange durch die Atmosphäre allerdings absorbirt wird. Warum aber die niedergelegenen Gegenden trotz der minderen Wärmezufuhr höher temperirt sind, als die hoch gelegenen, davon liegt der Grund darin, weil in der Tiefe das Ausstrahlen in noch höherem Grade vermindert ist, als das Einstrahlen.

6. Die Unveränderlichkeit der Sonnenmasse.

Bekanntlich hielt Newton das Licht für eine von der Sonne in das Weltall ausströmende materielle Substanz. Consequent dieser Ansicht, erblickte dieser grosse Naturforscher in dem Ausstrahlen von Licht einen Grund zur fortwährenden Verminderung der Sonnenmasse, nahm aber, um diesen Verlust zu decken, einen sich stets wiederholenden Sturz kometarischer Materien auf den Centralkörper an.

Kleiden wir diese Newton'sche Lehre in das Gewand der jetzt herrschenden Vibrations-Theorie, so erhalten wir die im Vorangehenden entwickelten Lehrsätze. Zwar nimmt diese Theorie keinen specifischen Licht„stoff", keinen Wärme„stoff" u. s. w. mehr an, nichtsdestoweniger besteht aber auch nach ihr das Strahlen von Licht und Wärme in einem rein materiellen Vorgange, in einer Bewegung, einem Erzittern ponderabler, widerstandleistender Substanzen. Ruhe ist Nacht und Tod, Bewegung gibt Licht und Leben.

Eine von einem Punkte oder einer Fläche aus in einem unbegrenzten Medium erregte, undulirende Bewegung lässt sich aber nicht denken ohne

eine gleichzeitige fortschreitende Bewegung, einem Fortgedrängtwerden der vibrirenden Massentheile,[1]) und es liegt also nach der Vibrations-Theorie nicht weniger, als nach der Emanations-Theorie in dem Strahlen der Sonne ein Grund zu einer fortwährenden Massenverminderung dieses Fixsternes. Warum aber dem ungeachtet die Sonnenmasse nicht eine wirkliche Abnahme erleidet, davon wurde ein genügender Grund bereits angegeben.

Das Strahlen der Sonne ist die einer centripetalen Bewegung äquivalente centrifugale Action.

Der Wärme-gebende Effect der centrifugalen Sonnenthätigkeit kann durch unmittelbare Wahrnehmung aufgefunden werden. Nach Cap. 3. beträgt derselbe in einer Minute 12650 Millionen Wärme-Kubikmeilen oder 5,17 Quadrillionen Wärmeeinheiten. Da nun, wie im 4ten Capitel gezeigt wurde, 1 K° Asteroid-Masse $27^1/_2$ bis 55 Millionen Wärmeeinheiten gibt, so folgt daraus, dass die Quantität der auf die Sonne niederstürzenden kosmischen Materien in jeder Minute zwischen 94000 und 188000 Billionen Kilogramme betragen muss.

Um zu diesem bemerkenswerthen Resultate zu gelangen, bedienten wir uns eines in der Naturforschung häufig zur Anwendung gebrachten Verfahrens. Durch Beobachtung des Mondlaufes verschaffen wir uns Aufschluss über die äussere Gestalt unserer Erde; mit der Drehwage bestimmt der Physiker das Gewicht eines Planeten, wie der Kaufmann ein Collo abwägt, und das Pendel ist dem Geologen zur Wünschelruthe geworden, womit er tief im Bauche der Erde gelegene Höhlungen zu entdecken vermag. So auch hier. Durch Beobachtung und Berechnung der Schallgeschwindigkeit in unserer Atmosphäre wird der Exponent des Verhältnisses der Wärmecapacitäten der Gase unter gleichem Drucke und unter gleichem Volumen gefunden und mittelst dieses Exponenten die durch irgend eine mechanische Arbeit, z. B. durch das Herabfallen eines Gewichtes producirte, Wärmemenge bestimmt. Aus der Wärme ferner, welche die Sonne auf einer kleinen Fläche unseres Erdbodens in einer gewissen Zeit erregt, wird der ganze strahlende Effect der Sonne berechnet, und das Facit einer Reihe von Beobachtungen und gesicherten Schlüssen ist die quantitative Bestimmung der kosmischen Massen, welche die Sonne aus dem Raume erhält, den sie mit ihren Strahlen erleuchtet.

Nach dem Maassstabe irdischer Verhältnisse gemessen erscheint die gefundene Zahl von so vielen Billionen in jeder Minute ganz unglaublich gross. Dieselbe lässt sich aber unserem Vorstellungsvermögen näher bringen, wenn man sie mit anderen kosmischen Grössen vergleicht. Das uns zunächst gelegene Gestirn, der Mond, hat eine Masse von etwa 90000 Trillionen Kilogrammen; dieser kleine Himmelskörper würde folglich hinreichen, den Verbrauch der Sonne 1 bis 2 Jahre lang zu decken. Die Masse der Erde

[1]) Diese centrifugale Bewegung übt vielleicht jenen repulsiven Einfluss auf die Kometenschweife aus, den Bessel in der Nähe der Sonne wahrgenommen hat.

aber wäre 60 bis 120 Jahre lang im Stande, die nöthige Nahrung für die Sonnenstrahlen abzugeben.

Zur Versinnlichung der Massen- und Entfernungsverhältnisse des Planetensystemes geben wir nach Herschel folgendes Bild. Als Sonne stelle man sich eine Kugel von 1 Meter Durchmesser vor. In einer Entfernung von 40 Metern befindet sich der nächste Planet, Merkur, in der Grösse eines Pfefferkornes von $3^1/_2$ Millimeter Dicke. 78 und 107 Meter von der Sonne entfernt bewegen sich Venus und Erde, beide 9 Millimeter dick oder etwas mehr als erbsengross. Von der Erde nicht viel über $^1/_4$ Meter entfernt ist der Mond, ein Senfkorn von $2^1/_2$ Millimeter Durchmesser. Mars hat in einer Entfernung von 160 Metern etwa den halben Durchmesser der Erde, und die kleineren Planeten, Vesta, Hebe, Asträa, Juno, Pallas, Ceres etc., gleichen Sandkörnern, in einer Entfernung von 250 bis 300 Metern von der Sonne. Jupiter und Saturn, in Entfernungen von 560 und 1000 Metern, gleichen Orangen von 10 und 9 Centimeter Dicke. Uranus, mit einem Durchmesser von 4 Centimetern, einer Baumnuss ähnlich, ist 2000 Meter, und der einem Apfel von 6 Centimeter Durchmesser vergleichbare Neptun, nahe doppelt so viel, oder etwa $^1/_2$ geogr. Meile weit, von der Sonne entfernt. Von da an hätte man aber noch einen Raum von mehr als 2000 Meilen bis zum nächsten Fixsterne zurückzulegen.

Dieses Bild zu ergänzen, hat man sich nun noch eine verschieden gruppirte, äusserst fein vertheilte Materie vorzustellen, die sich allmälig gegen die grosse Kugel im Mittelpunkte hinzieht, um dort niederzufallen, und die, von dieser Kugel aus günstig erleuchtet, sonnenstaubartig das Zodiakallicht darstellt. Auch dieser Staub bildet ein wichtiges Glied in einer Schöpfung, wo Nichts von Ungefähr, sondern Alles mit göttlicher Zweckmässigkeit geordnet ist.

Die Oberfläche der Sonne beträgt 115000 Millionen Quadrat-Meilen oder $6^1/_3$ Trillionen Quadrat-Meter. Da nun das Quantum der in 1 Minute auf die Sonne stürzenden Asteroid-Massen 94000 bis 188000 Billionen Kilogramme beträgt, so folgt hieraus für 1 Quadrat-Meter Sonnenoberfläche eine Massenzunahme von durchschnittlich 15 bis 30 Grm. per Minute.

Um diesen Vorgang mit einer nahe liegenden terrestrischen Erscheinung zu vergleichen, erinnere man sich, dass ein schwacher Regen in einer Stunde eine 1 Millimeter hohe Wasserschichte gibt, (während starke Gewitterregen leicht das 10 bis 15fache Quantum liefern) welches für 1 Quadrat-Meter Oberfläche in einer Minute 17 Grm. ausmacht.

Durch dieses fortwährende Herabhageln kosmischer Stoffe müsste, wenn der centripetale Process für sich allein bestände, sowohl das Volumen als das Gewicht der Sonne vermehrt werden. Die Zunahme des Volumens könnte aber nur auf eine für uns völlig unmerkliche Weise erfolgen; denn zur Vermehrung des scheinbaren Durchmessers der Sonne um eine einzige Bogensekunde (der kleinsten bemerkbaren Grösse) wären, wenn man das

specifische Gewicht der kosmischen Massen durchschnittlich dem der Sonne gleich setzt, 33000 bis 66000 Jahre erforderlich.

Nicht so unbemerkt könnte die Gewichtszunahme der Sonne vor sich gehen. Da sich nämlich die Umlaufsgeschwindigkeiten der Planeten bei gleichbleibender mittlerer Entfernung verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Massenzahlen des Central-Körpers, so ergibt sich aus einer Gewichtszunahme der Sonne zugleich eine Beschleunigung der Planeten-Bewegungen oder eine Verkürzung ihrer Umlaufszeiten. Da die Masse der Sonne 2,1 Quinquillionen Kilogramme beträgt, so verhält sich die Masse der binnen Jahresfrist auf der Sonne anlangenden Stoffe zur Masse der ganzen Sonne wie 1 : 21 bis 42 Millionen, und diese Zunahme für sich allein müsste also eine jährliche Verkürzung des siderischen Jahres um $^1/_{42}$ bis $^1/_{85}$ Millionentheil seiner Länge, oder um eine $^3/_4$ bis $^3/_8$ Zeitsekunde herbeiführen.

Eine solche Abnahme der Länge des siderischen Jahres stimmt aber mit den Beobachtungen der Astronomen keineswegs überein; wir werden deshalb wieder auf die im Eingange dieses Capitels aufgestellte Theorie zurückgeführt, dass die Sonne, dem Weltmeere ähnlich, in einem beständigen Wechsel von Zu- und Abfluss sich unverändert erhält, was mit der Annahme von einem Constant-bleiben der Summe aller lebendigen Kräfte im Universum harmonirt.

7. Die Sonnenflecken.

Der jüngere Herschel entwirft von der Sonnenoberfläche folgendes Bild:

„Wenn man die Sonne durch starke Fernröhren betrachtet, die mit farbigen Gläsern versehen sind, um die Hitze und den Glanz zu beseitigen, die sonst unsere Augen verletzen würden, so bemerkt man häufig grosse und ganz schwarze Flecken auf derselben, welche mit einer Art von Rand umgeben sind, der nicht so dunkel ist, und ein Halbschatten genannt wird. Diese Flecken sind indessen nicht beständig und unveränderlich. Wenn man sie von Tag zu Tag, oder selbst von Stunde zu Stunde beobachtet, so sieht man sie grösser werden oder sich zusammenziehen, ihre Form verändern und endlich ganz verschwinden, oder von Neuem an Stellen der Oberfläche hervorbrechen, wo zuvor keine waren. In den Fällen des Verschwindens zieht sich der mittlere dunkle Fleck immer in einen Punkt zusammen und verschwindet früher als der Rand. Zuweilen brechen sie auf, oder theilen sich in zwei oder mehrere und bieten alsdann in diesen alle Merkmale jener grossen Beweglichkeit dar, welche nur dem flüssigen Zustande angehört, und jener ausserordentlichen Unruhe, die nur mit dem atmosphärischen oder gasförmigen Zustande des Stoffes verträglich zu sein scheint. Der Maasstab, nach welchem ihre Bewegungen stattfinden, ist unermesslich. Eine einzige Bogensekunde, von der Erde aus gesehen, entspricht auf der Sonnenscheibe 465 englischen Meilen; und ein Kreis

von diesem Durchmesser, welcher deshalb beinahe 220000 englische Quadratmeilen enthält, ist der kleinste Raum, den man auf der Sonne als eine sichtbare Fläche deutlich erkennen kann. Es sind indessen Flecke beobachtet worden, die einen Lineardurchmesser von mehr als 45000 englischen Meilen hatten, ja selbst von noch weit grösserem Durchmesser, wenn man einigen Nachrichten trauen darf. Damit ein solcher Fleck sich binnen 6 Wochen gänzlich schliesse (denn sie dauern kaum jemals länger), müssen seine Ränder sich täglich um mehr als 1000 englische Meilen einander nähern."

„Derjenige Theil der Sonnenscheibe, welcher keine Flecken hat, ist darum bei Weitem noch nicht gleichförmig glänzend. Der Grund desselben ist fein gesprenkelt mit sehr kleinen dunkeln Punkten, Poren, die bei aufmerksamer Betrachtung in einem Zustande beständiger Veränderung gefunden werden. Es gibt nichts, was diese Erscheinung so treu darstellt, als das langsame Niedersinken einiger flockigen chemischen Präcipitate in einer durchsichtigen Flüssigkeit, wenn man dieselben senkrecht von oben herab betrachtet. Diese Darstellung ist überhaupt so treu, dass es kaum möglich ist, nicht auf den Gedanken zu kommen, dass ein leuchtendes Medium mit einer durchsichtigen und nicht leuchtenden Atmosphäre untermengt, aber nicht gemischt sei, und entweder in derselben, gleich den Wolken in unserer Luft, schwimmen, oder sie in ausgedehnten Flächen und in flammenartigen Säulen oder nordlichtähnlichen Ausstrahlungen durchdringen."

„Endlich bemerkt man in der Nähe grosser Flecke oder ausgebreiteter Gruppen derselben, oft weite Räume der Oberfläche mit stark gezeichneten, gekrümmten oder in Zweige auslaufenden Strichen bedeckt, die weit glänzender sind, als die übrigen Theile. Es sind dieses die sogenannten Sonnenfackeln, zwischen welchen häufig dergleichen Flecken entstehen, wenn sie nicht bereits vorhanden sind. Man kann sie mit grosser Wahrscheinlichkeit vielleicht als die Kämme unermesslicher Wogen in den Lichtregionen der Sonnenatmosphäre betrachten, die eine heftige Bewegung in ihrer Nachbarschaft anzeigen."

Soweit Herschel. Die auf der Oberfläche der Sonne wahrnehmbaren Revolutionen deuten offenbar auf das Eindringen einer äusseren Gewalt hin, indem sich sonst jede der Sonne inwohnende, bewegende Kraft durch ihre Actionen zuletzt erschöpfen müsste, und es sind dieselben somit kein unwichtiger Beleg für die im Bisherigen vorgetragene Theorie.

Inzwischen liegt es in der Natur der Sache, dass wir von der physischen Heliographie nur geringe Kenntniss besitzen können; bietet uns doch unser eigener Planet in seinen meteorischen Processen u. s. w. noch so viel Räthselhaftes dar. Aus diesem Grunde lässt sich denn etwas Näheres über die Art und Weise, wie die Sonnenoberfläche durch die eindringenden kosmischen Massen, die uns ihrer Natur nach selbst wieder grösstentheils unbekannt sind, erregt wird, nicht wohl angehen; doch möge es erlaubt sein, einige naheliegende Vermuthungen hierüber zusammenzustellen.

Bei der auf der Sonne herrschenden ausserordentlich hohen Temperatur kann dort an ein eigentliches Festland nicht gedacht werden, vielmehr stellt ohne Zweifel die ganze Sonnenoberfläche nur einen ununterbrochenen Ocean feurig flüssiger Materien dar. Auf diesem Ocean liegt eine Schichte glühender Gase, eine Flammenatmosphäre, Photosphäre; deren Existenz Arago aus den Eigenschaften des Sonnenlichtes nachgewiesen hat. Diese elastisch-flüssige Hülle setzt sich in immer grösserer Verdünnung nach oben hin in den Aether fort.

Da die meisten Materien Neigung haben, bei gewissen hohen Temperaturgraden Gasform anzunehmen, so kann die Höhe der Sonnenatmosphäre nicht unbeträchtlich sein. Es sind aber gute Gründe vorhanden, welche an eine relativ grosse Ausdehnung dieser Atmosphäre dennoch nicht glauben lassen.

Da nämlich die Schwere auf der Sonnenoberfläche 28mal grösser ist als auf der Oberfläche der Erde, so übt eine und dieselbe Luftsäule dort einen 28mal grösseren Druck aus als hier. Dieser grössere Druck beschränkt aber in so weit die Ausdehnung der Luftsäule, dass er einer Temperatur-Erhöhung von nahe 8000° das Gleichgewicht hält.

Noch viel mehr als diese grössere Schwere kommen aber die den elastischen Flüssigkeiten eigenthümlichen Raum- und Druckverhältnisse in Betracht, vermöge derer die Verdünnung oder Verdichtung dieser Materien mit zunehmender Höhe oder Tiefe sehr rasch wächst. Im allgemeinen steigt nämlich die Verdünnung in einer geometrischen Progression, wenn die Höhe in einem arithmetischen Verhältnisse zunimmt. Auf der Erde entspricht einer Höhe oder Tiefe von ungefähr $2^1/_2$, von 5 und von 30 Meilen, beziehungsweise eine 10malige, 100malige und billionenmalige Verdünnung oder Verdichtung der Atmosphäre.

Dieses Gesetz, wiewohl modificirt durch die in den verschiedenen Schichten der Photosphäre herrschenden bedeutenden Temperaturverschiedenheiten und durch die uns unbekannte chemische Natur jener Materien, muss auch für die Sonne eine beiläufige Gültigkeit haben. Da indessen die mittlere Temperatur der Sonnenatmosphäre weit höher sein muss, als die der Erdatmosphäre, so wird auch die Dichtigkeit der Sonnenatmosphäre mit der Höhe und Tiefe weniger schnell ab- und zunehmen, als dieses auf der Erde der Fall ist. Nehmen wir nun an, dass auf der Sonne diese Ab- und Zunahme selbst 10mal langsamer erfolge, als auf der Erde, so ergibt sich daraus für eine Höhe von 25, von 50 und von 300 Meilen beziehungsweise eine 10fache, eine 100fache und eine billionenfache Verdünnung. Daraus folgt aber, dass die Höhe der Sonnenatmosphäre keine 400 geogr. Meilen, oder nicht $^1/_{240}$ des Sonnenhalbmessers betragen kann. Denn setzt man auch die Dichtigkeit der Sonnenatmosphäre an ihrer untern Grenze 1000mal grösser, als die der Erdatmosphäre an der Meeresfläche, also grösser als die Dichtigkeit des tropfbarflüssigen Wassers, was doch nothwendig schon zu gross ist, so ist die Atmosphäre der Sonne in einer Höhe von 400 Meilen schon 10billionenmal dünner als die Erdatmosphäre, d. h. sie hat dort nach menschlichen Begriffen zu sein aufgehört.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass die Sonnenatmosphäre im Vergleiche mit der Ausdehnung des Sonnenkörpers nur eine geringe Höhe haben kann, und zugleich lässt sich daraus entnehmen, dass auf der Sonnenoberfläche, der grossen Hitze ungeachtet, unter einem viele tausend Erdatmosphären betragenden Drucke möglicherweise Wasser und ähnliche flüchtige Materien in tropfbarflüssigem Zustande sich befinden können."

Robert Mayer. (Dynamik des Himmels. 1848.)

Fragmente zur Geschichte der Sonnenflecken.

(Vgl. Gehler's Physikalisches Wörterbuch Bd. VIII S. 850).

Der arabische Geschichtsschreiber Albufaradge[1]) sagt, dass im Jahre 555 die Sonne durch 14 Tage in ihrem Lichte beträchtlich verdunkelt war und dass im Jahre 626 vom October bis zum Juni des folgenden Jahres die Hälfte der Sonne schwarz erschienen sei. Joseph von Costa[2]) erzählt, dass die Peruaner die Sonnenflecken schon lange gekannt haben, ehe sie von den Europäern gesehen wurden. Auch in alten Schriftstellen findet man mehrere hierher gehörende Stellen bei Plinius, Virgil, Plutarch u. A. — In den Annalen eines anonymen Annalisten[3]) des 8. Jahrhunderts wird erzählt dass am XVI Kalend. Aprilis (17. März) der Planet Mercur als ein kleiner schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe volle 8 Tage hindurch beobachtet worden sei. Da die Merkursscheibe nicht mit blossem Auge wahrnehmbar ist, und ausserdem nicht bei einem Durchgange 8 Tage auf der Sonnenscheibe verweilen kann, so hat man es hier vermuthlich gleichfalls mit der Beobachtung eines grossen, mit freiem Auge sichtbaren Sonnenfleckes zu thun. In die Ehre der eigentlichen Entdeckung und Anerkennung der Sonnenflecken scheinen sich die Engländer Harriot und Johann Fabricius zu theilen. Zach[4]) fand in den hinterlassenen Papieren Harriot's Beobachtungen von Sonnenflecken, die mit dem 8. December 1610 anfingen. Johann Fabricius, der auch Frisius genannt wird, weil er ein Friesländer war, gab das erste Werk[4]) über diesen Gegenstand heraus. Christoph Scheiner, ein Jesuit aus Schwaben, wollte diese Endeckung für sich vindiciren. In seinem Werke *Rosa ursina*, das aber erst im Jahre 1630 erschien, behauptete er diese Flecken schon im März 1611 gesehen und seinen Freunden gezeigt zu haben. An der Mittheilung seiner Entdeckung sei er durch seinen Provinzial Busaeus gehindert worden, der diese Flecken in der Sonne, dem Sinnbilde der höchsten Reinheit, für unmöglich und auch im Widerspruche mit der ganzen Aristotalischen Philosophie erklärte. — Die Periodicität in der Häufigkeit der Sonnenflecken entdeckte der Apothecker Schwabe[5]) in Dessau.

---

[1]) *Histonia Dynast p. 94.* [2]) *Histoires des Indes.*

[3]) *Astronomi anonymi Annales Caroli M. Reuberi Collect. rer. germ. p. 27.*

[4]) *De maculis in sole observatis.* Wittenberg 1611 mit einer Zueignung vom 13. Juni desselben Jahres. Der Vater des Verfassers David Fabricius, ein friesländischer Geistlicher zu Ostell, endteckte den berühmten veränderlichen Stern *Mira Ceti* im Jahre 1596.

[5]) Schumacher's Astron. Nachrichten Bd. XV ff. S. 1826 finden sich regelmässige Beobachtungen der Sonnenflecken von Schwabe.

Robert Mayer aus Heilbronn.

(1814 — 1878.)

Eine biographische Skizze[1]) aus den „Grenzboten" 1879. No. 3.

„Das Leben der Männer, welche die geistige Entwickelung, Befreiung und Veredelung der Menschheit durch bahnbrechende Thaten gefördert haben, erweckt unser höchstes Interesse. Dankbar erinnern wir uns ihrer; die Dankbarkeit aber steigert sich zu pietätvoller Verehrung, wenn ein grosser Geist für die Wahrheiten, die er der Welt offenbarte, feindlichen Gewalten, dem Egoismus und dem Neide des Unverstandes, sein Lebensglück hinopfern musste. Robert Mayer hatte dies harte Loos gezogen.

Wir haben die Entdeckung Mayer's mit derjenigen Galilei's auf gleiche Stufe gestellt. Diese Nebenordnung ist nicht erschöpfend. Auch das persönliche Schicksal beider Denker hat ähnliche Züge aufzuweisen. Galilei, von dessen Ruhm Europa voll war, als seine Entdeckungen zuerst bekannt wurden, musste als Greis die Qualen der Folter[2]) und einer langen Haft erdulden. Mayer, ohne Anerkennung und ohne Freunde, mit denen er über seine Ideen hätte verkehren können, verspottet von Feinden und Neidern, wurde im Zwangsstuhle des Irrenhauses vom „Grössenwahn" kurirt und fand erst am Abende seines Lebens etwas von dem Ruhme, der ihm gebührt.

Erst kurz vor dem Tode Mayer's ist die ganze Tragik seines Schicksals bekannt geworden. Dühring, der seit Jahren für die wissenschaftlichen Verdienste des grossen Physikers mit Nachdruck eingetreten war, wurde von der Berliner Universität im Sommer 1877 mit „Remotion" bestraft, d. h. man entzog ihm die Erlaubniss, Vorlesungen zu halten. Mayer hörte davon, trat mit Dühring in Verkehr und besuchte ihn im Herbst des Jahres auf mehrere Tage in Wildbad. Dort theilte er ihm mündlich seine Erlebnisse mit und bat ihn, sie vor die Oeffentlichkeit zu bringen, da er selbst über den ihm angedichteten Wahnsinn sich nicht

---

[1]) Die Verantwortlichkeit für die in dem folgenden Lebensabriss enthaltenen Mittheilungen muss der Redaction der Grenzboten und dem mir unbekannten anonymen Verfasser überlassen bleiben. F. Z.

[2]) „Dass Galilei gefoltert wurde, nehmen wir trotz der neuesten Veröffentlichungen Gebler's an, sondern gerade diese sind es, welche eine solche Auffassung des Galilei'schen Prozesses bei uns hervorgerufen und befestigt haben."

öffentlich auslassen möge. Nach Berlin zurückgekehrt, kam Dühring diesem Wunsche nach und besprach das Schicksal Mayer's in einem öffentlichen Vortrage. Mayer erhielt darüber ein Zeitungsreferat, das die Aeusserungen Dühring's meistens wörtlich wiedergab und namentlich die über den angedichteten Grössenwahn und die fortgesetzten Verkleinerungsversuche seiner Gegner. Bald darauf schrieb Mayer, seine Freude und Zustimmung ausdrückend, in einer für seine ganze Lage höchst charakteristischen Weise an Dühring:

„Gestern habe ich endlich einen ausführlichen Brief an Herrn Dr. Heinrich Rohlfs in Göttingen fertig gebracht, der schon vor Monaten an mich wieder geschrieben und sich dabei erkundigt hat, was ich von der „Dühring'schen Angelegenheit" halte. Ich schrieb ihm, ich hätte die von ihm gewünschte Autobiographie bis jetzt noch immer nicht fertigen können, da ich die Angelegenheit mit den Irrenhäusern und Zwangsstühlen (vgl. meine Schrift über Auslösung) weder verschweigen, noch selbst erzählen wollte. Nun sei aber durch Freund Dühring, den ich in Wildbad aufgesucht und persönlich kennen gelernt, geholfen, indem derselbe in seinem Vortrage vom 30. Oktober zu meiner grossen Freude und ganz in meinem Sinne von den ihm in Wildbad gegebenen Notizen Gebrauch gemacht habe, und Sie werden ohne Zweifel gern bereit sein, ihm das Nähere hierüber für seine Geschichte der deutschen Medizin mitzutheilen. Von meiner genussreichen und mir unvergesslichen Tour in's Wildbad und ihrem Zwecke habe ich natürlich kein Geheimniss gemacht, habe aber recht deutlich gesehen, dass diese kleine Reise vor den Augen offizieller und offiziöser Personen keine Gnade gefunden hat. Wie schade, dass ich nicht vorher angefragt! Still lächelnd habe ich bei mir gedacht: Der einzige Dühring ist mir lieber, als viele Professoren — wenn auch manchmal mit noch so langen Ohren. Da Jedermann weiss, dass ich ein Narr bin, so hielt sich auch Jedermann für berufen, eine geistige Kuratel über mich auszuüben." (Vgl. Dühring, Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie S. 110.)

Diesen Brief mögen sich alle diejenigen hinter's Ohr schreiben, welche heute die Meinung zu verbreiten suchen, das Schicksal Mayer's sei nur von Dühring so schwarz gemalt worden, in Wahrheit sei es ganz rosig gewesen. Ein Glück, dass Mayer einen Dühring fand und durch ihn erzählen konnte, was ihm widerfahren. Wie leicht hätte sich sonst jetzt nach seinem Tode Alles in anderem Lichte darstellen lassen!

Ausser Dühring hat Rümelin, ein Jugendgespiele und Jugendfreund Mayer's (gegenwärtig Professor an der Universität Tübingen), in der Augsburger Allgemeinen Zeitung (1878, Beilage zu Nr. 120—123) bald nach dem Tode Mayer's unter dem Titel „Erinnerungen an Robert Mayer" Einiges über sein Leben und namentlich über seine Jugend mitgetheilt, wogegen aber nach unserer Ueberzeugung Mayer Protest einlegen würde, wenn er könnte. Auch der Nachlass Mayer's, in welchem sich eine kleine Selbstbiographie befand, ging in den Besitz Rümelin's über.

Die Biographie ist bis jetzt nicht veröffentlicht, und doch hätte Rümelin die Pflicht gehabt, Mayer's eigne Aeusserungen über sein Leben eher als alles Andere zur öffentlichen Kenntniss zu bringen; nur so hätte er im Sinne Mayer's gehandelt.

Robert Mayer wurde am 25. November 1814 in Heilbronn geboren. Sein Vater war Apotheker und ein Mann von reichen Kenntnissen und wissenschaftlichem Streben. Er war in mehreren Städten Deutschland's und Frankreich's in Apotheken als Gehilfe thätig gewesen und hatte dabei mannichfache Anregungen erfahren. Da geselliger Verkehr für ihn keinen Reiz hatte, so widmete er die freie Zeit, die sein Beruf ihm liess, gänzlich seinen naturwissenschaftlichen und besonders seinen chemischen Studien. Sein ganzes Haus war gefüllt mit physikalischen und chemischen Apparaten, mit botanischen und mineralogischen Sammlungen, mit Vorräthen von Droguen und Chemikalien, wie sie zu den Bedürfnissen einer Apotheke gehören.

Robert war der jüngste von drei Söhnen und der Liebling seiner Mutter. Lebhaften und frohen Sinnes, brachte er den ganzen Tag im Freien, in den Höfen und Gärten und am oder auf dem Neckar zu. Ein eifriger und kühner Kahnfahrer, ein unübertrefflicher und unermüdlicher Schwimmer, ein unbesiegbarer Dauerläufer, erregte er die Bewunderung seiner Gefährten nicht sowohl durch Stärke und Gewandtheit seines Körpers, als durch die unglaubliche Ausdauer und Zähigkeit, die er bewies. Den Weg von Heilbronn nach Schönthal, der 7 Stunden beträgt, legte er stets in einem Nachmittage zurück und ging am folgenden Nachmittage wieder heim. Später, als Student, ging er von Tübingen bis Heilbronn, 77 Kilometer, an einem Tage innerhalb von 14 bis 15 Stunden mit einer einzigen Ruhepause. Spiele aller Art erregten von Jugend auf sein lebhaftestes Interesse; als Knabe ersann er immer neue und trieb jedes so lange, bis er ergründet hatte, von welchen Umständen das Gewinnen abhing. Später war er ausgezeichnet im Schach-, Whist-, L'hombre- und Tarokspiel, nicht minder geschickt zeigte er sich im Billard- und beim Kegelspiel; alle Regeln, die er sich dafür gebildet hatte, verfolgte er mit äusserster Consequenz.

Schon zu Hause, vom Vater und vom Bruder Fritz, der ihm etwa acht Jahre im Alter voraus und bereits als Gehilfe in der väterlichen Apotheke thätig war, lernte Robert bei dem grossen Interesse, das er den Vorgängen in der Natur entgegenbrachte, ohne allen Unterricht, nur durch gelegentliches Hören und Sehen und durch die kleinen Hilfsleistungen, die er dann und wann verrichtete, viele fundamentale Naturerscheinungen und eine Menge von Eigenschaften der Naturkörper kennen. Als Knabe von 10 Jahren kannte er die Pflanzen seiner Heimat, war mit den elementaren chemischen Vorgängen und Versuchen bekannt und wusste über die Wirkungen der Luftpumpe und Elektrisirmaschine Auskunft zu geben und letztere bei seinen Spielgefährten zu erproben. Auch beschäftigte er sich damals lange und eifrig mit der Erfindung eines Perpetuum mobile, bis er sich endlich von der Unmöglichkeit desselben überzeugt hatte. Seine

spätere Entdeckung sollte der endgiltige Beweis für die Unmöglichkeit einer derartigen Zaubermaschine werden. In etwas höherem Alter, als sein intimster Jugendfreund in das Seminar zu Schönthal aufgenommen und Robert vereinsamt war, beschäftigte er sich mit grosser Ausdauer damit, die zahlreichen Mühlen und Fabriken am Neckar zu besuchen und den Mechanismus der Maschinen und Triebwerke zu studiren.

In der Schule waren seine Leistungen gering. Sein ausgezeichnetes Gedächtniss nahm nur solche Dinge auf, für welche er Interesse hatte, und dies Interesse erstreckte sich nur auf Dinge, in denen Regelmässigkeit, Gesetzmässigkeit oder ein ursächlicher Zusammenhang zu erkennen war. Zu solchen Dingen rechnete er weder die lateinischen Genusregeln, noch die Verba auf $\mu\iota$, noch die Konstruktionsregeln der lateinischen und griechischen Syntax; und da die Kenntnisse in diesen Dingen damals noch den einzigen Maassstab für die Schulleistungen abgaben, so ist es begreiflich, dass er nicht hervorragte. Wohl hatte er — und seine Schriften bezeugen es — für die formelle Seite der Sprache ein feines Gefühl, wohl brachte er den Schönheiten dichterischer Erzeugnisse eine reiche und tiefe Empfindung entgegen; in der Schule aber wurden diese Eigenschaften nicht geschätzt und noch viel weniger seine Kenntnisse von der Natur. Auch das mathematische Wissen, das er sich von seinem Bruder Fritz angeeignet und in dem er allen seinen Mitschülern soweit voraus war, dass er in der Schule überhaupt nichts Neues erfuhr, fand keine Geltung; der Abstand zwischen seinen und seiner Kameraden Schulkenntnissen konnte dadurch nicht ausgefüllt werden und trat im Seminar zu Schönthal — nach Schönthal kam er auf seinen dringenden Wunsch, mit seinem Gefährten Rümelin wieder vereint zu werden, der dort, weil er Theologie studiren sollte, vor ihm Aufnahme gefunden hatte — noch mehr hervor als im Gymnasium seiner Vaterstadt.

Seinen Mitschülern, obgleich sie ihn in den Schulkenntnissen überragten, kam es doch nicht in den Sinn, ihn darum gering zu schätzen. „Sie sahen bald", sagt Rümelin in seinen ‚Erinnerungen', „dass er mit einem anderen Maassstab zu messen sei, dass er eine Menge von Dingen wusste und verstand, von denen wir keine Ahnung hatten; man traute ihm ganz wohl zu, dass er es nach Umständen einmal weiter bringen könne, als wir alle zusammen. Er war ebenso beliebt und geachtet bei den Lehrern wie bei den Mitschülern. Er gab sich stets, ganz wie er war; es kam kein unwahres Wort aus seinem Munde; er hatte eine volle und freudige Anerkennung für fremde Vorzüge und trat Niemandem zu nahe. Er war nach seiner Gemüthsart eine *anima candida* zu nennen. Aber alles, was er sagte und that, trug den Stempel der Originalität. Sein Gedankengang, der ganz logisch war, bei dem er aber die verbindenden Mittelglieder übersprang oder unausgesprochen liess, war stets überraschend und oft verblüffend; bis man den Faden gefunden hatte, war er schon wieder wo anders angekommen. Und da es an Witz und gutem Humor nicht fehlte, so war seine Unterhaltung stets ergötzlich; an

Citaten und Sentenzen aus Bibel und Gesangbuch, aus Sprichwörtern, Dichtern und alten Autoren war er unerschöpflich und wusste sie anzubringen, wo sonst kein Mensch an sie gedacht hätte. Manche sahen ihn stets verwundert und erwartungsvoll an und lachten über jedes Wort, das er sprach. Einzelnen war ein solches Feuerwerk von Gedankensprüngen unbehaglich."

Auch in Schönthal unterhielt er die Kameraden mit physikalischen Experimenten. So liess er einmal längere Zeit in einem der Kreuzgänge des alten Klosters Geister erscheinen und hielt, um die Belustigung noch grösser zu machen, entsprechende Reden dazu, weshalb er zur Unterscheidung von den vielen anderen Mayern mit dem Beinamen „der Geist" belegt wurde.

Im Frühling 1832 ging er auf die Universität Tübingen zum Studium der Medizin. Er widmete sich derselben ganz ausschliesslich und hörte, abgesehen von etwas Physik im ersten Semester, nur medizinische Fachvorlesungen und die praktischen klinischen Kurse. Andere Vorlesungen hatten nichts Anziehendes für ihn, und ohne Zweifel that er wohl daran, sie zu meiden; die Originalität seines Geistes blieb um so frischer. Wie gross sein Interesse und seine Begeisterung für die Medizin war und in welcher Art er seine Studien zu betreiben pflegte, das mag man aus einem kleinen Zuge erkennen. Um die Wirkung der verschiedenen Methoden der Wundbehandlung zu erproben, liess er eine Reihe von Zunderstücken auf seinem Arme verglühen und behandelte darauf jede Wunde nach einer anderen Methode, eine originelle Art des Studiums, die sich des allgemeinen Beifalls der Mediziner schwerlich wird zu erfreuen haben. Heute zwickt man lieber Katzen, Hunde und Kaninchen.

Etwas weiteres Bemerkenswerthes lässt sich aus Mayer's Universitätszeit kaum berichten, wenn man nicht das dafür nehmen will, dass er nicht blos am Krankenbett Beobachtungen und Berechnungen anstellte, sondern täglich mindestens einige Stunden beim Spiel zubrachte und dass er mit solcher Leidenschaft dabei war, dass er oft noch nach Wochen den Stand einer Schachpartie wiederherstellen konnte. Den Morgen widmete er den Studien, den Abend der Geselligkeit, und selten kehrte er aus dem Kreise der Freunde eher heim, als bis die Polizeistunde schlug. Wie er alles, was er that, mit grossem Feuereifer betrieb, so war er auch bei den Trivialitäten des studentischen Lebens, wenn sie einmal Reiz für ihn hatten, mit Leib und Seele. So begeisterte er sich noch in späten Semestern für die Gründung einer Verbindung, des Korps „Guestphalia", lernte Fechten und Reiten. Aber alle solche Aeusserlichkeiten der Repräsentation standen ihm nicht, er zeigte sich stets in seinem eigenen, originellen Wesen, so dass selbst über den Kreis seiner Bekannten hinaus manche Anekdote von ihm im Umlauf war. Als er bereits im Begriff stand, Tübingen zu verlassen, wurde er auf ein Jahr von der Universität verwiesen und zwar wegen Verbindungslappalien, die dem hohen Bundestage zu jener Zeit gerade ein Dorn im Auge waren, und — was noch erstaunlicher ist —

weil er einem Balle einige Minuten lang ohne Frack zugesehen hatte. Seine Untersuchungshaft musste man ihm in Hausarrest umwandeln. Er erzwang es durch eine Hungerkur. Den ehrwürdigen Perrücken des Universitätsgerichts mag das allerdings mehr als originell erschienen sein.

Mayer besuchte nun die grossen Kliniken von München und Wien und machte dann im nächsten Jahre, 1838, die Examina für die medizinische Praxis. Seine Arbeiten verriethen „gründliche Kenntnisse und selbständiges Urtheil". Es war seine Absicht, als Militärarzt in holländische Dienste zu gehen, um das Ausland kennen zu lernen, worin ihn der Vater lebhaft bestärkte. Da er aber hörte, dass ein besonderes Examen und die Kenntniss der holländischen Sprache dazu nöthig seien, so liess er sich vorläufig als praktischer Arzt in seiner Vaterstadt nieder und studirte, da es mit der Praxis nicht sofort nach Wunsch gehen wollte, eifrig Holländisch. Im Herbst 1839 war er fertig damit. Nachdem er längere Zeit sich zusammen mit den Medizinern Wunderlich und Griesinger in Paris aufgehalten, wandte er sich nach Holland, bestand die Prüfung, erhielt das Patent als „Offizier von der Gesundheit" und nahm sofort auf einem von Rotterdam nach Java segelnden Kauffahrteischiffe die Stelle eines Schiffsarztes an. Er hatte viel von der Langeweile gehört, der ein Schiffsarzt während der Fahrt ausgesetzt sei. Er versäumte darum nicht, sich von Paris aus nicht nur mit medizinischen und chirurgischen Instrumenten zu versehen, sondern auch physikalische, meteorologische und astronomische Bücher und Apparate mitzunehmen.

Es ist zweifellos, dass der Aufenthalt in Paris und die Reise in die Tropenwelt auf die Entwickelung Mayer's den grössten Einfluss ausgeübt haben. Zwar haben wir von ihm keine Aeusserungen darüber — wenigstens sind bis jetzt keine veröffentlicht —, aber wir dürfen annehmen, dass er in der Pariser wissenschaftlichen Luft mit denjenigen Experimental-Untersuchungen bekannt wurde, die er später für seine Entdeckung mit so ungemeinem Scharfsinn zu benutzen wusste. Auch regte seinen Geist ja jene Beobachtung an, die er nur in den Tropen machen konnte, und die wir bereits im vorigen Artikel mitgetheilt haben. Auf der Seereise hatte er gleichfalls eine für seine Entdeckung wichtige Thatsache kennen gelernt. Der Steuermann seines Schiffes hatte ihm erzählt, dass das Meerwasser nach einem Sturme wärmer sei, als vor demselben. Die landläufige Erklärung, dass durch Reibung eben Wärme entstehe, befriedigte ihn ebenso wenig, wie die Erklärung, welche die deutschen Aerzte zu Batavia für den geringen Farbenunterschied des venösen und arteriellen Blutes gaben: es sei die Hitze, welche dies bewirke. Mayer wollte einen bestimmten Zusammenhang zwischen den Erscheinungen kennen lernen, und indem er unermüdlich danach suchte, fand er die Aequivalenz zwischen Bewegung und Wärme. Zu Surabaya im Jahre 1840 machte er seine grosse Entdeckung. Er selbst gibt diesen Ort und diese Zeit an in einem Briefe an die Pariser Akademie vom Jahre 1848 (*Comptes rendus* vom 16. Okt. 1848).

Es war Mayer's Absicht gewesen, auf längere Jahre von der Heimat fern zu bleiben. Aber sein neuer Gedanke liess ihm keine Ruhe. Unerwartet schnell, im Februar 1841, kam er in Europa wieder an und kehrte ungesäumt nach Heilbronn in seine ärztliche Praxis zurück. Sofort ging er hier an die Arbeit, seine Ideen zu verfolgen und sie durch Experimente zu bekräftigen. Sein Bruder Fritz, jetzt Inhaber der väterlichen Apotheke, war sein erster Anhänger und — sein einziger. Allen trug Mayer seinen Gedanken vor, von denen er glaubte, Unterstützung und Förderung erwarten zu dürfen: den Kollegen und den Professoren zu Heilbronn, zu Stuttgart, zu Tübingen, zu Heidelberg. Ueberall begegnete ihm dasselbe bedenkliche Kopfschütteln, dasselbe überlegene Achselzucken. Man fragte, ob er dies und jenes Buch auch studirt habe, ob er den und jenen Abschnitt, der wichtig sei, auch kenne. Man rieth ihm, zu lesen und noch einmal zu prüfen. Sogar eine Hegel'sche Logik steckte man ihm in die Hand und die Hegel'sche Naturphilosophie. Aber Mayer trug sie dem glücklichen Besitzer nach wenigen Tagen wieder hin und bemerkte, dass er keine Silbe davon verstanden habe und nichts davon verstehen würde, auch wenn er hundert Jahre darin läse. Genug, man verstand ihn nicht, und wenn irgend etwas die Grösse der Umwälzung, welche in dem Mayer'schen Gedanken lag, lebendig darzustellen vermag, so ist es das damalige und spätere Verhalten gegen Mayer von Seiten der wissenschaftlichen Philister. Mayer liess sich dadurch nicht irre machen; er war seiner Sache gewiss. Noch im Laufe des Jahres 1841 arbeitete er seine Entdeckung in dem kleinen Aufsatze: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur" aus und schickte diese nach Berlin zur Aufnahme in die Poggendorff'schen „Annalen der Physik". Hier im Brennpunkte des wissenschaftlichen Lebens, hier musste man ja seine Ideen zu würdigen wissen. Aber nein, Mayer irrte sich; sein Aufsatz kam zurück (?), er hatte keine Gnade vor Poggendorff's Augen gefunden — was konnte auch ein junger Mann, ein praktischer Arzt, entdecken? — und wenn er keinen grösseren Fehler hatte, so war er mindestens nicht im Jargon der Annalen geschrieben. Genug, er war nicht aufnahmefähig.[1]) Mayer liess ihn nun an Liebig nach Giessen gehen und war voll Freude, als er im Mai 1842 die Nachricht bekam, sein Aufsatz finde in den „Annalen der Chemie und Pharmazie" Aufnahme.

Die fünf bis sechs Jahre, die nun folgen, sind die glücklichsten in Mayer's Leben. Er wurde Oberamtswundarzt und später Stadt- und

[1]) Meinen langjährigen hochverehrten Freund Poggendorff, welcher vor wenigen Jahren gestorben ist, glaube ich nicht besser gegen die Vorwürfe wegen Nichtaufnahme der Mayer'schen Abhandlung entschuldigen zu können, als durch die photographisch-facsimilirte Reproduction der Mayer'schen Manuscripte, welche mir durch die Güte der Poggendorff'schen Erben aus dem literarischen Nachlass Poggendorff's kurze Zeit nach seinem Tode zur Verfügung gestellt worden sind. Ich verdenke es keiner Akademie oder Redaktion einer fachwissenschaftlichen Zeitschrift, wenn sie

Armenarzt; seine Familie — er hatte sich im Sommer 1842 verheirathet — blühte auf, und endlich, was die Hauptsache war, in der Verfolgung der Konsequenzen seines neuen Gedankens war er ungemein glücklich. In dieser Zeit verfasste er die beiden nach Form und Inhalt klassischen Werke: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel" und „Beiträge zur Dynamik des Himmels". Die erste Arbeit erschien 1845, die zweite 1848. Die Druckkosten musste Mayer selbst tragen.

Gegen das Jahr 1849 beginnen die Prioritätsstreitigkeiten. Die Leute vom „Fach" in England und Frankreich hatten mittlerweile gemerkt, dass in der Wissenschaft etwas Bedeutendes vorgegangen war — in Deutschland war man noch nicht so weit gediehen —, und da die alltägliche Beobachtung, dass aus Bewegung Wärme entspringt, und unklares Philosophiren über Kraft leicht mit der Entdeckung vermischt und der gewaltige Unterschied zwischen beiden Dingen leicht verwischt werden konnte, was ja selbst heutzutage noch von bedeutenden wissenschaftlichen Grössen mit und ohne Bewusstsein und Absicht geschieht, so gehörte ein Streit über die Priorität der Mayer'schen Entdeckung gewiss nicht zu den Unmöglichkeiten des wissenschaftlichen Lebens. Dazu kam, dass der Engländer Joule um 1843, anderthalb Jahre nach Mayer, Experimente veröffentlicht hatte, die ebenfalls auf die Auffindung der Aequivalentzahl gerichtet waren, und die unter den Fachleuten rascher bekannt wurden, als die Mayer'sche Entdeckung, da man es in England weniger verschmähte, von einem sogenannten Dilettanten — Joule war Bierbrauer — etwas Erhebliches zu lernen, als in Deutschland. Mayer hatte nicht versäumt, der Pariser Akademie 1846 von seiner Entdeckung und ihren Konsequenzen Mittheilung zu machen. Als nun im *Journal des débats* 1848 der Versuch gemacht wurde, seine Priorität in Zweifel zu ziehen und für französische und englische Physiker in Anspruch zu nehmen, machte er in einem Briefe an die Akademie seine Rechte geltend. Dadurch wurde Joule veranlasst, in etwas plumper Weise über Mayer herzufallen und zu behaupten, Mayer habe die Aequivalentzahl nur geahnt; denn die Experimente, worauf er sich zu stützen vorgebe, seien von ihm, Joule, erst weit später gemacht worden. Nebenbei suchte er die Meinung zu erwecken, als ob in seinen früheren Abhandlungen und in denen anderer Forscher schon so etwas vom Wärmeäquivalent enthalten sei, was gar nicht der Fall ist. (*Comptes rendus* vom 22. Januar 1849.) Mayer schwieg; wir werden sehen warum. Joule wurde aber noch zudringlicher. In einer Abhandlung vom Juni desselben Jahres erwähnt er nur, dass Mayer Wasser durch Schütteln erwärmt

---

mit Berücksichtigung ihres Leserkreises z. B. einer Abhandlung über spiritistisch-physikalische Beobachtungen die Aufnahme verweigert. Nur die Rücksendung des Manuscriptes wird man billigerweise von der Redaktion einer wissenschaftlichen Zeitschrift verlangen dürfen, wofern dieselbe nicht principiell und öffentlich derartige Rücksendungen von nicht aufnahmefähigen Abhandlungen abgelehnt hat. F. Z.

habe, aber dass Mayer auch die Aequivalentzahl angegeben hatte, davon redet Joule schon gar nicht mehr. (Joule, Das mechanische Wärmeäquivalent S. 91.) Endlich im November antwortete Mayer (*Comptes rendus* vom 12. November 1849). Er erinnert Joule daran, dass die Experimente, auf welche er sich stütze, nicht erst von ihm, sondern schon weit früher von Gay-Lussac gemacht worden seien, und fügt hinzu, dass er dies in seiner Abhandlung auch angegeben habe. Damit war Joule für die Sachkenner so gründlich abgethan, wie nur möglich, die Unwissenheit, die er Mayer unterzuschieben suchte, war auf ihn zurückgefallen. Aber für Joule war das zu zart gewesen, besonders deshalb, weil Mayer unnöthiger Weise hinzugefügt hatte, dass er glaube, Joule habe gleichfalls die Aequivalenz selbständig entdeckt. Diese Höflichkeit, in Mayer's wahrheitsliebendem Charakter begründet, war einem Manne gegenüber, der ihm alle Ehre abzuschneiden versucht hatte, entschieden nicht am Platze. Sie sollte für Mayer verhängnissvoll werden. Er durfte von den Gelehrten nicht und am wenigsten von seinen Landsleuten erwarten, dass sie aus blossen Andeutungen erkennen würden, wo der Kern der Sache in diesem Streite zu suchen sei. Joule war dreist genug, bei seiner Behauptung zu bleiben und Mayer's Entgegnung einfach zu ignoriren (Joule, Das mechanische Wärmeäquivalent, S. 122).

Aber auch in Deutschland betrachtete man die neue Wahrheit ausschliesslich als eine englische Entdeckung. Mayer hielt es darum für nothwendig, auch hier auf seine Priorität hinzuweisen. Er liess in der Augsburger Allgemeinen Zeitung am 14. Mai 1849 unter der Ueberschrift „Wichtige physikalische Erfindung" eine Reklamation seines „Prioritätsrechts auf die Entdeckung des Prinzips sammt den daraus von ihm für die Physiologie, die Mechanik des Himmels etc. gezogenen Konsequenzen gegen etwa auf ein jüngeres Datum sich stützende Ansprüche englischer und französischer Naturforscher" erscheinen. Man sollte meinen, die deutschen Physiker hätten sich nun ihres Landsmannes angenommen und ihn gegen freche Uebergriffe vertheidigt. Im Gegentheil: Am 21. Mai erschien in derselben Augsburger Zeitung von einem Tübinger Privatdozenten der Physik, Namens Seyffer, ein Artikel, der ohne das geringste Verständniss für die Sache so anmassend und geringschätzig auf sie herabsah, dass Mayer in die höchste Aufregung gerieth. Er glaubte sich beschimpft und entehrt und schickte eine Entgegnung ein. Sie fand keine Aufnahme. Er that Schritte bei der Redaktion. Umsonst, er erzielte nichts. Auch in Liebig's „Annalen" konnte er keine Vertheidigung anbringen, geschweige denn, dass Liebig selbst damals seine Stimme für ihn erhoben hätte.

Der Grimm über die Verlassenheit und die erlittene Schmach verzehrte ihn Tag und Nacht, er fand keine Ruhe mehr. Entweder, meinte er, sei sein ganzes Denken anormal und sein richtiger Platz im Irrenhause, oder er habe eine wichtige Wahrheit entdeckt und finde statt Anerkennung nur Hohn und Schmähung; beides sei gleich niederdrückend. Endlich verfiel

er in ein Nervenleiden. Da geschah es, dass er in der Frühe des 28. Mai 1850 nach einer schlaflosen Nacht im Fiebertraum unangekleidet vor den Augen seiner eben erwachten Frau zwei Stockwerke hoch auf die gepflasterte Strasse sprang. Seine Füsse wurden schwer verletzt, so dass er zeitlebens das rechte Bein stützen und nachschleppen musste.

Erst nach langer und schwerer Krankheit konnte er zu seinen naturwissenschaftlichen Arbeiten und zu seiner Praxis zurückkehren. Noch am Schlusse desselben Jahres schrieb er seine Reklamationsschrift: „Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme", die ein Muster von populärer Darstellung ist und mannichfache Beweise von der grossen und in ihrer Aufrichtigkeit seltenen Bescheidenheit — die heuchlerische ist ja häufig — Mayer's enthält. „Was ich", sagt er, „mit schwachen Kräften und ohne jegliche Unterstützung von aussen geleistet, ist freilich wenig; aber — *ultra posse nemo obligatur*"; und an anderer Stelle: „Wenn auch die von mir veröffentlichten wenigen Arbeiten, die in der Fluth von Druckschriften, welche jeder Tag bringt, fast spurlos verschwunden sind, schon in ihrer Form den Beweis enthalten, dass ich nicht nach Effekt hasche, so soll damit doch keineswegs eine Geneigtheit, von dokumentirten Eigenthumsrechten abzugehen, ausgesprochen sein." Sein Recht also wahrte er, aber die Gegner freilich schonte er, anstatt sie an den Pranger zu stellen.

Die Augsburger Zeitung entschuldigt sich jetzt wegen der Zurückweisung der Erwiederung Mayer's damit, dass vielleicht formelle Bedenken obgewaltet hätten. Als ob die Form sich nicht hätte mildern lassen, oder der allzeit höfliche Mayer überhaupt die Form hätte verletzen können. Ihr Benehmen zeigt nur, dass hinter ihr und dem Privatdozenten noch andere Leute steckten, die Mayer, sei es aus Unverstand oder aus Neid, nicht wohlwollten. Doch wir wollen die Attentatswaffe, womit man den schlichten „Dr. der Medizin" glaubte abthun zu können, hier in öffentlicher Verhandlung vorlegen. Das Schriftstück lautet in seinen Hauptstellen:

„Dr. Mayer's neue physikalische Entdeckung.

Die „neue physikalische Entdeckung", welche Herr Dr. Mayer von Heilbronn vor wenigen Tagen in diesen Blättern ankündigte, bedarf für den Mann vom Fach keiner näheren Erörterung, da er dieselbe auf den Standpunkt zurückzuführen weiss, der ihr zukommt; der Leser aber, welcher in solchen Dingen unbewandert ist, wird eine Erläuterung nach dem Stande der Wissenschaft gern vernehmen.

Herr Mayer hat schon vor mehreren Jahren in den Annalen der Chemie und Pharmazie einen Aufsatz über die Kräfte der unbelebten Natur bekannt gemacht und daselbst eine Menge von unhaltbaren Ansichten über die Naturkräfte aufgestellt. Die Verwirrung, welche darin zwischen den Begriffen Kraft, Ursache, Wirkung herrscht, und die Deduktionen, welche er daraus zieht, sind schon hinlänglich in ihrer Unhaltbarkeit in wissenschaftlichen Organen beleuchtet worden. Er sprach in demselben von dem Verhältniss der durch Bewegung, insbesondere durch Reibung entstandenen Wärme zu dieser Bewegung und stellte als Resultat seiner

Ansichten hin, wie die Wärme Bewegung hervorbringen könne, könne umgekehrt auch wieder Bewegung Wärme hervorbringen; die Wärme an und für sich hat aber noch nie Bewegung hervorgebracht und die Bewegung noch nie Wärme; interpretirt man den Satz anders und sagt man, die Wärme kann unter gewissen Bedingungen in Gemeinschaft des materiellen Körpers, an den sie gebunden ist (oder wie man hier sagen will), Bewegung an einem andern Körper hervorrufen, auf den dieser Körper mechanisch wirkt, so mag dieser Satz seine vollkommenste Richtigkeit haben, und Niemand wird ihn bestreiten; so wie ihn sich aber Herr Mayer denkt, dass eine wirkliche Metamorphosirung zwischen Wärme und Bewegung stattfinde, ist er ein vollkommen unwissenschaftliches, allen klaren Ansichten über die Naturthätigkeit widersprechendes Paradoxon, dessen vollkommenste Unhaltbarkeit in dem Ausspruche hingestellt ist, den Herr Mayer später thut, eine Lokomotive sei einem Destillirapparat zu vergleichen, die Wärme gehe in Bewegung über und setze sich an den Achsen der Räder als Wärme wieder ab. . . . Ebenso gehört auch die neue Mayer'sche Entdeckung hierher, welche sich auf die Wahrnehmung beschränkt, dass das Wasser durch Kompression Wärme frei macht; dass das Wasser hierbei selbst wieder erwärmt wird, nachdem es vorher durch das Freiwerden der Wärme erkältet worden war, lässt sich aus verschiedenen Umständen erklären, unter anderm, dass der Metallzylinder erwärmt wird, und diese Erwärmung auf die aus der kleinen Oeffnung ausfliessende kleine Wärmemenge übertragen wird. Von dem Uebergange der Bewegung in Wärme oder davon, dass die Wärme als Aequivalent der Bewegung oder umgekehrt gelten kann, kann also keine Rede sein, wenn man sich nicht leeren Redensarten hingibt; es steht somit auch diese Wahrnehmung des Herrn Med. Dr. Mayer in keiner Verbindung mit den Experimentaluntersuchungen des grossen englischen Physikers Michael Faraday etc. Dr. Otto Seyffer."

Die Jahre 1852 und 53 waren die traurigsten in Mayer's Leben. Als er von seiner Krankheit geheilt war, hörten die Schmähungen, die gegen ihn in Szene gesetzt waren, keineswegs auf. Beschimpfungen gleich denen, die die Augsburger Allgemeine Zeitung gebracht, und weit ärgere drangen bis in seine Umgebung. Man warf ihm Grössenwahn und fixe Ideen vor, wie die, dass er eine grosse Wahrheit entdeckt haben wolle, und in seiner Heimat erlangte diese Wahnvorstellung über ihn bald Bürgerrecht. Von Natur zum stillen Dulden angelegt, konnte Mayer dagegen nichts ausrichten; an das weitere Publikum konnte er nicht appelliren; er war ihm nicht bekannt, und der Fall mit der Augsburger Allgemeinen Zeitung hatte ihn scheu gemacht; die Leute vom „Fach" waren nicht geneigt, sich seiner anzunehmen, sie hatten dazu keine Musse oder waren unfähig, ihn zu würdigen. So gerieth er von Zeit zu Zeit in eine schwermüthige Stimmung und, wenn er des ihm wiederfahrenen Unrechts gedachte, in Zustände grosser Erregung. Das war sein ganzes Leiden. Niemals kamen ihm Wahngedanken, wie er oft erklärt hat. Stets blieb nach dem

Zeugniss seiner Umgebung sein Denken und Handeln folgerichtig, nie kränkte er Jemanden. Die Autoritäten aber dachten in diesem Punkte anders, als der Arzt Mayer, und so befand er sich eines schönen Tages gegen seinen Willen in der Irrenanstalt. Auch Herr Medizinalrath von Zeller hielt Mayer's physiologische Entdeckungen für fixe Ideen und hatte die Laune, sie ihm auszuzwicken. Er liess den Zwangsstuhl, zweifellos die beste Kur gegen Grössenwahn, seine Wirkung thun, und da Mayer sich diese Brutalität mit höchster Bitterkeit verbat, seine Gliedmassen derartig mürbe machen, dass er auf Jahre an seinen Quetschungen und der Verzwängung des Rückgrates zu leiden hatte. Welche Machinationen und welche Personen von Amt und Würden es waren, die Mayer in jene Stätte der Menschenliebe brachten, ist nicht hinlänglich bekannt und wird wohl auch sobald nicht bekannt werden. So viel aber ist klar: die Torturen und die ganze Schmach wären ihm erspart geblieben, wenn eine einzige der damaligen Autoritäten unter den Naturforschern und Aerzten von Amts wegen sich auf seine Seite gestellt hätte.

Während sich alle diese Dinge gewissermassen im Verborgenen abspielten, war auch in Deutschland ein Nebenbuhler für Mayer erstanden, der zwar nicht die Aequivalentzahl aufgefunden hatte, aber doch über die Kraft ähnliche Gedanken wie Mayer gehabt zu haben meinte. Im Jahre 1847 nämlich hatte Helmholtz unter dem Titel „Erhaltung der Kraft" eine kleine Schrift veröffentlicht, die vielerlei bereits bekannte Dinge in einer neuen, wenn auch die Wissenschaft nicht fördernden Form (?) vorführte. Die Joule'schen Arbeiten waren erwähnt, Mayer nicht. Der Schwabe war in den hohen Berliner wissenschaftlichen Zirkeln, in denen Helmholtz von Postdam aus damals zu verkehren pflegte, noch nicht bekannt, wohl aber der Engländer. Auf diese Schrift hin, glaubte nun Helmholtz, müsse der Entdecker die Ehre der Entdeckung mit ihm theilen. In einem Königsberger Vortrage von 1854 sagt er, nachdem er Mayer, Colding und Joule auf eine Stufe gestellt hat: „Ich selbst hatte, ohne von Mayer und Colding etwas zu wissen und mit Joule's Versuchen erst am Ende meiner Arbeit bekannt geworden, denselben Weg betreten." (Helmholtz, Populäre wissenschaftliche Vorträge, S. 113.) Der Vortrag entwickelt dann im weiteren Verlaufe alle Konsequenzen, welche Mayer gezogen hatte, Mayer's Name aber findet nur ganz beiläufig bei einem Nebenpunkte Erwähnung. Das Weitere besorgten dann Andere und priesen Helmholtz als einen, der an der Entdeckung Antheil habe. Ja auf der Naturforscherversammlung zu Innsbruck wusste man darüber der Höflichkeit Mayer's selbst ein Zeugniss abzulocken. Und sogar 1877, nachdem die Verhältnisse allmählich aufgeklärt worden waren, erhob Helmholtz („Das Denken in der Medizin"), wenn auch schüchtern, noch einmal denselben Anspruch, so das Mayer sich genöthigt sah, ihn nun zurückzuweisen, freilich in jener zarten Art, die von Manchem nicht verstanden, wohl gar für das Gegentheil gehalten oder zu bestimmten Zwecken absichtlich dazu umgedeutet wurde.

Die Taktik des völligen und, als dies nicht mehr anging, des halben Ignorirens, wie sie von Helmholtz in dem erwähnten Vortrage geübt worden war, blieb auch später noch lange Zeit bei den Männern vom Fach an der Tagesordnung. Man wusste so wenig von Mayer, dass die Augsburger Allgemeine Zeitung ihn ruhig im Irrenhause sterben lassen konnte und einige Jahre später, als er derselben Zeitung zum Trotz noch lebte, ihn auch ganz kaltblütig ohne ein Wort der Trauer wieder lebendig sein liess; so wenig, dass Poggendorff, Professor der Physik in Berlin und Herausgeber der „Annalen der Physik", der schon an der ersten Arbeit Mayer's einen so rühmlichen Antheil gehabt hatte, in seinem Biographisch-literarischen Handwörterbuche zur Geschichte der exakten Wissenschaften, gestützt auf die Unfehlbarkeit der „Allgemeinen", die kurze, aber inhaltschwere Mittheilung machen konnte: „Soll vor 1858 im Irrenhause gestorben sein. Augsburger Allgemeine Zeitung", um sie am Schlusse des Bandes ebenso kurz und geistvoll zu berichtigen: „Ist nicht 1858 im Irrenhause gestorben, sondern (1862) noch am Leben"; dass endlich selbst in Konversationslexizis Mayer's Wahnsinn und Tod eine ausgemachte Sache wurde.

Wie beleidigend die Insulte, selbst öffentlich, gegen Mayer ausfallen durften, davon hat der bekannte Karl Vogt in der Kölnischen Zeitung vom 22. September 1869 eine beschämende Probe gegeben. Er macht es dort den Geschäftsführern auf der Innsbrucker Naturforscherversammlung zum Vorwurf, dass sie Mayer zu einem Vortrage eingeladen hätten; was er vorgebracht, sei derartig gewesen, dass man sich staunend angesehen habe. Das Unglück freilich, das Mayer begegnet sei, mache das erklärlich: sein Geist sei eben umnachtet. Liest man den Vortrag, so wird man allerdings von gewaltigem Staunen ergriffen, aber nicht über Mayer's Unlogik, sondern über den Mangel an Logik bei den Staunenden. Niemand trat gegen diese Abscheulichkeit auf; ganz natürlich, denn Vogt sagte nur nach, was man auf der Versammlung kolportirt hatte; er selbst verstand ja von der Sache gar nichts. Der Artikel der Kölnischen Zeitung aber bildete nun das Beweisstück für den Wahnsinn, und sprach man in gelehrten Kreisen damals von Mayer, so sprach man nur von dem „wahnsinnigen Mayer" — selbstverständlich nicht ohne Beleidsbezeigungen.

Mit der Andichtung des Wahnsinns aber ging die wissenschaftliche Verkleinerung und Verleumduug Hand in Hand. Sie ging aus von Engländern und fand dann in Deutschland geflissentliche und ungehinderte Verbreitung. Steward, W. Thomson und Tait waren in diesem Handwerk die Leistungsfähigsten. Obenan steht Tait. Noch vor etwa zwei Jahren hat er ein Pamphlet (Tait, Vorlesungen) gegen Mayer geschleudert, das niederträchtig sein würde, wenn es nicht lächerlich wäre, und es fand sich auch ein Landsmann[1]) Mayer's, der dem deutschen Publikum diese

[1]) Der Frankfurter Jude G. Wertheim, Lehrer der Mathematik an der israelitischen Gemeinde in Frankfurt a. M. und Uebersetzungs-Associé von Herrn Helmholtz. (Vergl. meine Schrift: „über den wissenschaftlichen Missbrauch der Vivisection" S. 55.) F. Z.

englische Delikatesse serviren zu müssen glaubte. Als Mayer gestorben war, und sein Name in den Zeitungen genannt wurde, hallte das Echo der Verkleinerung selbst in der „Illustrirten Zeitung“ und in „Ueber Land und Meer“ wieder, und Freund Rümelin, in dessen Shakespearestudien doch wahrlich von Physik nichts zu finden ist, wollte in der Allgemeinen Zeitung ganz freundschaftlich das Räthsel lösen, wie Mayer „ohne eigentliche Fachgelehrsamkeit zu Einblicken in den Zusammenhang der elementaren Naturkräfte gelangt sei“.

Die Engländer und ihre Nachbeter wollen absolut nicht erkennen können, dass Mayer seine Rechnung auf Experimente gestützt habe. Sie reden stets von einer Hypothese und glücklichen Vorwegnahme Mayer's, die Joule erst bewiesen habe. Selbst Tyndall, der gegen Mayer stets gerecht zu sein sich bestrebt, redet von Ahnungen, die Mayer gehabt habe. Auch rechnen sie es Mayer als Vergehen an, dass er unschuldig war an dem, was man heute ganz speziell „Mechanische Wärmetheorie“ nennt, und was doch weiter nichts ist, als die Verbrämung Mayer'scher Gedanken mit bereits vorhandenen mathematischen Rechnungen —, dass er sogar die ruhende Wärme nicht einmal als Molekülstösse anerkennen wollte. Und doch ist einzig und allein dort, wo man sich auf den Boden der Mayer'schen Vorstellungen stellte, nämlich von Dühring (Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie) etwas Fundamentales entdeckt worden, während der ganze Formelkram der Wärmetheoretiker unfruchtbar geblieben ist.

Mayer veröffentlichte — dies sei zum Schlusse noch einmal hervorgehoben — die Aequivalentzahl anderthalb Jahre vor Joule, und seine theoretische und experimentelle Beweisführung ist die subtilere; er war es, der den Satz aussprach, dass die Kräfte unvergänglich seien, wie die Materie, er allein zog für die Physiologie, die Pathologie und die kosmische Physik die Konsequenzen aus der neuen Entdeckung. Joule — und ausser Joule kann hier Niemand in Frage kommen — war für das erste, die Aequivalentzahl, ein Nachentdecker, und seine zahlreichen und exakten Experimente lieferten neue Bestätigungen für das bereits vorhandene Gesetz. Aber diese hatten nur noch einen sekundären Werth, nachdem die Aequivalentzahl einmal aus dem Verhalten der Gase gefunden war, gleichwie das Newton'sche Gravitationsgesetz auch dann bereits als allgemein giltig angenommen werden durfte und auch thatsächlich angenommen wurde, als es blos an dem Verhalten des Mondes bewiesen war. Robert Mayer ist — so eifrig man auch bemüht gewesen ist, ihm diese Ehre streitig zu machen — der erste Entdecker jenes grossen Gesetzes, und sein Ruhm wird wachsen, je mehr man seine Ideen wird benutzen lernen.“

Es bedarf nicht meiner nochmaligen Versicherung, dass der vorstehende anonyme Aufsatz in den Grenzboten nicht von mir herrührt, da ich alle meine Abhandlungen, besonders die polemischen, stets unter meinem vollen Namen und nicht

in belletristischen Journalen veröffentliche. Dagegen wird es meine Leser interessiren, den folgenden Brief meines ehemaligen Schülers und gegenwärtigen ordentlichen Professors der Chemie an der Universität Tübingen an mich kennen zu lernen, da derselbe eine sehr eingehende Schilderung der Persönlichkeit Dr. Robert Mayer's aus dem Jahre 1873, also fünf Jahre vor seinem Tode, enthält. Herr Professor Hüfner schrieb mir wörtlich Folgendes:

Tübingen d. 5. August 1873.

„Hochverehrter Freund!

Dieses Mal schreibe ich Ihnen rasch nach meiner Rückkehr nach Tübingen. Die Veranlassung dazu giebt mir mein Besuch bei Robert Mayer. Ich fuhr von Tübingen nach Würzburg, wo ich leider Fick nicht antraf, und von da nach Heilbronn. Heilbronn liegt sehr schön. Es war dort recht warm, aber mild. Das Thal ist ein grosser Garten voll saftigen Grüns und duftiger Blüthen. Ich suchte zunächst Zech[1]) auf. Derselbe hat eine eigene Fabrik. Er ging mit mir, um mir ein Geschäft zu zeigen, in welchem allerlei Utensilien für Laboratorien geliefert werden. Wir kamen in ein kleines Häuschen, wo Destillationsapparate aufgestellt waren. Den Vorstand des Geschäfts trafen wir im Ausstellungslocale nicht an und so stiegen wir hinauf in ein kleines Zimmer, wo wir ihn zu finden hofften. Auch da war der Herr nicht, dafür aber trat uns ein Mann entgegen, von etwas nach vorn gebeugter Haltung und dem Aussehen des ächten deutschen Gelehrten. Er trug eine Brille. Zech kannte ihn und stellte uns vor. Ich verstand aber nur den Titel Doctor, nicht den Namen; aber ich fühlte sofort, dass ein glücklicher Zufall mich direckt mit Mayer zusammengeführt habe. Er sprach leise von einer Mathematiker-Versammlung in Göttingen, die er besuchen wolle. Er bot mir dastehende Cigarren an, und ich wurde wieder ganz irre an meiner Ueberzeugung, dass ich Mayer vor mir habe. Wir suchten einen Herrn Wolf in seinem Comptoir, statt dessen tritt uns ein Gelehrter entgegen, der sich in dem

[1]) Der Bruder des mir befreundeten Directors des Stuttgarter Polytechnikums P. Zech. Ich hatte von Letzterem erfahren, dass man sich Robert Mayer ohne jedwede Ostentation, am besten scheinbar zufällig, nähern müsse, um unbefangen mit ihm zu reden. Da ich selber die Absicht hatte, Mayer in Heilbronn aufzusuchen, aber durch veränderte Reisedispositionen daran verhindert wurde, so hatte ich den mir von meinem Freunde Zech ertheilten Rath, zuerst bei seinem Bruder vorzusprechen, der mit Mayer in persönliche Berührung komme, Professor Hüfner mitgetheilt. Später, im September 1877, lernte ich in Baden-Baden den Bürgermeister von Heilbronn im „Deutschen Hause" kennen und übersandte durch diesen meine Karte nebst herzlichem Gruss an Dr. Mayer.

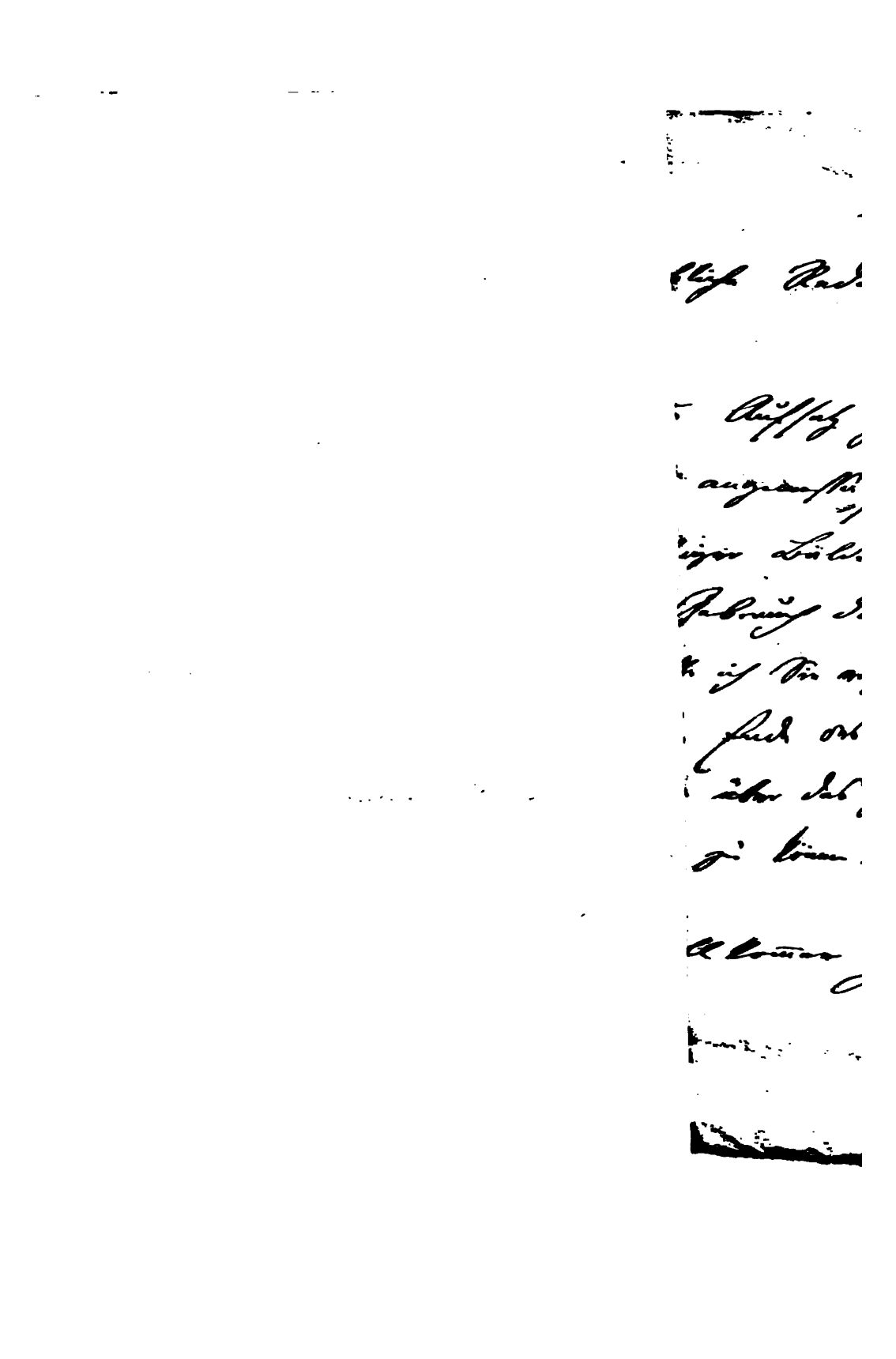
F. Z.

An die Wohllöbliche Redaction

Habe ich die Ehre beifolgenden Aufsatz
~~[illegible]~~ Jahrbücher angemessen
Haben Sie die Güte in gefälliger Bälde
im Fall daß Sie keinen Gebrauch d
zuzustellen. im andern Falle möchte ich Sie
Heftes zukommen zu lassen. – Am Ende des
in meiner Absicht, vorerst Stimmen über das
ver Mittheilungen darnach modificiren zu können

Ich vollkommen

Heilbronn
16 Junij 1841.



...tion der Poggendorffschen Annalen

...u übersenden, um denselben, falls sie ihn
finden, der Öffentlichkeit zu übergeben.
mir hierüber Nachricht zu ertheilen, und
...on machen wollten, das Manuscript mir wieder
...cht haben, mir ½ Dutzend Exemplare des betreffenden
Aufsatzes steht. Fortsetzung folgt. es liegt jedoch
...egeben zu vernehmen, um die Art und Weise weite-

Hochachtung

Dr. J. R. Mayer.

Comptoir wie ein Hausherr benimmt. Wir verliessen den schüchternen Mann, und beim Fortgehen klärte mich Zech auf. Der Mann war in der That Mayer gewesen. Herr Wolf, der Fabrikant ist sein Neffe. Jeden Morgen nun sitzt Mayer in dessen Comptoir und nach der Gewohnheit eines alten Hausarztes raucht er dort eine oder ein paar von Wolf's Cigarren, mag sein Neffe zugegen sein oder nicht. So war ich durch einen glücklichen Zufall mit Mayer zusammengetroffen; aber ich fühlte mich innerlich nicht befriedigt, weil ich nicht ordentlich mit ihm gesprochen hatte. Herr Zech verliess mich nun; ich schlenderte in Heilbronn ein Weilchen allein, bis mich die Ungeduld noch einmal in Herrn Wolf's Geschäft führte. Ich hoffte Mayer noch dort zu finden. Jetzt traf ich aber den Neffen statt des Onkels. Herr Wolf war erfreut, mich zu sehen, und führte mich nun ohne Weiteres in Mayer's eigene Wohnung; denn sein Onkel werde sich darüber recht sehr freuen, meinte er. In der That war dies auch der Fall. Er empfing uns recht freundlich und war selber heiter. Ich unterhielt mich mit ihm über thierische Wärme und über die Aufgaben der physiologischen Chemie, wie sie mir als die wichtigsten erscheinen; und nun fühle ich eine tiefe Befriedigung, weil Mayer meine Richtung zu billigen schien. Als Muster von Klarheit über diese Fragen rühmte er mir die Franzosen, und in der That habe ich selbst jederzeit empfunden, wie viel wir sogenannten physiologischen Chemiker von einem Manne lernen können und müssen, wie Regnault. — Unter den deutschen organischen Chemikern hält er Kolbe für den Bedeutendsten.

Ich war lange bei Mayer, gegen $1^1/_2$ Stunden. Allmälig kamen seine Frau und eine erwachsene Tochter herein, beide sehr vornehm gekleidet. Er versprach einmal nach Tübingen zu kommen, auch versprach er einmal mit nach Leipzig zu reisen, wenn ich ihn abholen wolle.

Ueber allgemeinere, philosophische Gegenstände, durfte ich leider nicht mit ihm sprechen. Sein Neffe hatte mich vorher gebeten, nicht über Darwin und was mit dessen Lehre zusammenhängt, auch nicht über Politik mit ihm zu reden. Darwin's Lehre könne er nicht vertragen, und was Politik anlange, so sei er entschiedener Ultramontaner.

Seine Verwandten wünschen sehr, dass man ihn besucht. Sie wünschen, dass er in einem anregenderen Verkehr leben möchte, als das kleine Heilbronn ihm zu bieten vermag. Geschähe dies, so werde er, meinen sie, noch schöne Sachen machen. Mayer ist zwar erst 58 Jahre alt; aber ich glaube, dass man ihn am besten auch fernerhin seiner Einsamkeit überlässt. Mayer hat seine Arbeit gethan, und man soll keine Veranlassung schaffen, dass sich der Mann nunmehr noch irgendwelche Blössen giebt. Ich freue mich den grossen Mann persönlich zu kennen. Eine Photographie[1]), die ich der Freundlichkeit seiner Verwandten danke — ich konnte käuflich keine erhalten — schicke ich Ihnen zum Andenken, ich

[1]) Dieselbe hat als Original für den beistehenden Stahlstich gedient. Die facsimilirten Worte sind den angehängten Briefen Mayer's entnommen.

selbst besitze gleichfalls ein Exemplar. . . . . Meine Achtung vor dem deutschen Schulmeisterprofessor, wie er auf Universitäten sein Wesen treibt, sinkt tiefer und tiefer. . . . . Wäre ich ein reicher Mann, so hinge ich die sogenannte akademische Carrière, die nur ein Hemmschuh ist, an den Nagel, und ergriffe das freie Handwerk der wissenschaftlichen Carière, — — — — — — — — — — — — — — Tausend Grüsse von

Ihrem ergebensten
G. Hüfner."

Ueber die wissenschaftliche Seite der Prioritätsansprüche Mayer's gegenüber Helmholtz und dessen englischen Freunden habe ich bereits im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" S. 308—322 die thatsächlichen Unterlagen zur Begründung eines objectiven Urtheils mitgetheilt. Da laut gedruckter Angabe im 2. Bande (Thl. I. S. VI) dieser Abhandlungen der Anfang des Manuscriptes zum 1. Bande der Druckerei am 18. Mai 1877, der Schluss desselben am 12. Januar 1878 übergeben und der Druck am 20. Januar 1878 vollendet worden ist — also gerade zwei Monate vor dem am 20. März 1878 erfolgten Tode Robert Mayer's, so wird der a. a. O. folgende wörtliche Abdruck der betreffenden Stellen meinen Lesern von besonderem Interesse sein, um so mehr, wenn sie das Datum (16. Juni 1841) des photographisch facsimilirten Briefes Mayer's (vgl. Facsimile) an die Redaktion der Poggendorff'schen Annalen berücksichtigen. Meine Worte knüpfen in der Abhandlung „über Emil Reymond's Grenzen des Naturerkennens" an die Aufzählung von Denkfehlern an, welche sich Hr. E. du Bois-Reymond in seiner, in der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Leipzig, am 14. August 1872" gehaltenen Rede „Ueber die Grenzen des Naturerkennens" (Verlag v. Veit & Comp. Leipzig) hatte zu Schulden kommen lassen.

Zur Geschichte der Astrophysik.

Vielleicht mit grösserem Rechte als der von französischer Eitelkeit verblendete ehemalige deutsche Professor Würtz (Professor der Chemie an der *École de Médicine* in Paris und am *Institut agricole* in Versailles, geboren 1817, Nov. 26 zu Strassburg) behauptet hat: „Die Chemie ist eine französische Wissenschaft[1]), können wir Deutsche heute, erfüllt von Dank gegen die göttliche Vorsehung, behaupten:

[1]) Vgl. Würtz „Geschichte der chemischen Lehren seit Lavoisier", aus dem Französischen übersetzt von Dr. Oppenheim.

Bereits vor 10 Jahren habe ich in meinem Buche „Ueber die Natur der Cometen" (Vorrede S. LXII) die obige Phrase eines ehemaligen deutschen Professors mit folgenden Worten gerügt:

„Herr Dr. Oppenheim, der deutsche Uebersetzer von Würtz' „„Geschichte der chemischen Lehren seit Lavoisier"", lässt die Eingangsphrase jenes Machwerks: „„die Chemie ist eine französische Wissenschaft, sie wurde von Lavoisier unsterblichen Andenkens gegründet"", einfach in der deutschen Uebersetzung fort, weil er sie für „unpassend" hält. Sollten denn die obigen Worte über Weber's Theorie nicht wenigstens auch als „unpassend" bezeichnet werden müssen?"

Die „Worte über Weber's Theorie", auf welche hier Bezug genommen wird, befinden sich in dem Handbuch der theoretischen Physik von Sir William Thomson und P. G. Tait, welches Herr Helmholtz gemeinschaftlich mit dem Frankfurter Juden G. Wertheim in's Deutsche übersetzt und „wesentlich für Lernende" bestimmt hat. Wilhelm Weber's Theorie der Elektrodynamik wird nämlich in diesem Werke (§ 384) in die Klasse der „gefährlichen" und „grosses Unheil stiftenden Theorien" gestellt.

Uebrigens wird auch von Volhard in München in seiner Schrift: „Die Begründung der Chemie durch Lavoisier" das Primat Frankreichs auf dem Gebiete der Chemie bestritten, indem er an die Verdienste unseres Landsmannes Scheele (geb. 1742 zu Stralsund — gest. 1786 zu Köping) erinnert, der unter vielen andern Verdiensten um die Chemie, unabhängig von Priestley und Lavoisier, die Entdeckung machte, dass die atmosphärische Luft aus Stickstoff und Sauerstoff bestehe. (Vergl. Poggendorff's biogr.-liter. Wörterbuch.)

„Die Astrophysik ist eine deutsche Wissenschaft". Professor Reuschle spricht sich in seiner vor 11 Jahren zur Feier des dreihundertjährigen Jubiläums von Kepler's Geburt (1571, December 27) verfassten Schrift[1]) wörtlich wie folgt hierüber aus:

„Kepler war es, welcher zuerst unter allen Menschen den Himmel in den Bereich physischer Forschung gezogen hat. Wenn Sokrates die Philosophie vom Himmel auf die Erde verpflanzt hat, so hat Kepler die Physik von der Erde an den Himmel gezogen. In der That, wie sehr er mit seiner Himmelsphysik gegen seinen Nachfolger (Newton) zurücksteht, die Idee einer Himmelsphysik ist von ihm, und er hat die Aufgabe der Astronomie mit ursprünglicher Kraft in einer Höhe erfasst, wie sie sofort allen Zeiten vorlag und nach den ungelösten Bestandtheilen noch jetzt vorliegt. Man weiss in der That nicht, wo Kepler grösser ist: da, wo er ein Hannibal bei Cannae, siegreich den Tychonischen Beobachtungen seine Gesetze abzwingt, oder wo er, wie Hannibal vor den Thoren, erfolglos an den Pforten der Himmelsmechanik stürmt. An was denkt er nicht Alles, was ahnt er nicht Alles? Sein im Erfinden unerschöpflicher Geist streut Ideen aus, woraus Andere Systeme bereiten, sein ahnungsvoller Tiefblick sieht Thatsachen voraus, die erst später an die Tagesordnung kamen.

Ja fürwahr! er ist ein Held der Menschengeschichte, und er hatte das Bewusstsein davon, und seine Zeit war darauf berechnet. Denn wenn Kepler's äusseres Leben, so sehr wir in manchen Nöthen desselben mit Bestimmtheit sehen, wie sie ihn seinem Ziele entgegenführten im Ganzen als Kampf gegen eine widerstrebende Wirklichkeit erscheint, so leuchtet seine innere Stellung in der Geschichte des menschlichen Geistes uns als eine wahrhaft organische entgegen, und wenn sein Sieg über alle jene Widerwärtigkeiten uns die ewige Wahrheit zu Gemüthe führt, dass der Genius die tiefste und unwiderstehlichste Macht ist, die es gibt, so befestigt uns das innere organische, Verhältniss jener Männer in dem Glauben an die fortschreitende geistige Entwickelung der Menschheit.

Dreihundert Jahre nach Kepler's Geburt.

Wenn heut sein Geist herniederstiege! — Wie würde der deutsche Mann sich mit uns des erneuerten deutschen Reiches freuen und des wiedergewonnenen Strassburgs, wo ihm sein Bernegger lebte! Wie würde der Feind der geistlichen Anmassung, über die Berge hinüberblickend, des eigenen Ausspruchs sich erinnern: „Was hält den römischen Stuhl mehr zurück, der Wahrheit Raum zu geben, als dass er den Schein

[1]) Kepler und die Astronomie. Zum 300jährigen Jubiläum von Kepler's Geburt am 27. December 1571. Von Dr. C. G. Reuschle, Professor in Stuttgart. Frankfurt a. M. 1871 (Heyder & Zimmer) S. 180 ff.

der Irrthumslosigkeit haben will?“[1]) Wie würde der Freund der objectiven Wahrheit sein Wort: „Heiliger ist mir die Wahrheit“, das er den Kirchenvätern entgegenhielt, nun auch der Bibel gegenüber geltend machen, wenn er das Resultat der historischen Forschung vor sich hätte, dass die neutestamentlichen Schriften neben denen der ältesten Kirchenväter herlaufen und zusammen die altchristliche Literatur der zwei ersten Jahrhunderte bilden?[2]) Wie würde der universelle Gelehrte in den heutigen Stand aller jener Wissenschaften sich vertiefen, in welchen er einst bewandert, gross, welthistorisch war?

Ja dürfte er nicht auf die deutsche Astronomie des neunzehnten Jahrhunderts mit einem ähnlichen Bewusstsein blicken, wie jener im Kyffhäuser, —

dem die Furcht der Welschen
Von seinem Bart den Namen lieh, —

auf das neue deutsche Reich. Denn nachdem die deutsche Astronomie in dem langen Zeitraum von Purbach und Regiomontan bis auf Kepler an der Spitze gestanden hatte, verlegte sie, wie wir schon aus der Einleitung wissen, ihre Residenz nach England, vor Allem durch Newton, sowie durch Flamstead und Halley, weiterhin durch Bradley, zuletzt durch W. Herschel, zwar einen Deutschen, der aber seine ausserordentlichen Wahrnehmungen am Himmel in England gemacht hat und Engländer geworden ist. Indessen muss, gleichzeitig mit letzterem, ja schon etwas länger her, England mit Frankreich den astronomischen Primat theilen, besonders durch Lalande, und ihn sofort ganz an Frankreich abtreten, durch dessen grosse Mathematiker, Laplace mit der „Himmelsmechanik“ an der Spitze. Nachdem aber noch im vorigen Jahrhundert durch Herschel und (von mathematischer Seite) durch Euler Deutschland sich wieder mächtig geregt hatte, ist im laufenden Jahrhundert der astronomische Primat auf das Entschiedenste nach Deutschland zurückgekehrt. Es liegt unserem Thema: „Kepler und die Astronomie“ nicht fern, dies nach den Hauptpunkten kurz zu beleuchten, bevor wir zu dem übergehen, was wir Kepler persönlich zu bieten haben, — wenn heut sein Geist herniederstiege!

Der abermalige astronomische Primat Deutschlands im 19. Jahrhundert.

„Lateritiam accepit, marmoream reliquit“[3]), sagte W. Herschel's Sohn, der mittlerweile ganz zum Engländer gewordene John Herschel, selbst ein bedeutender Astronom, von Bessel hinsichtlich der Astronomie. Diess bezieht sich vornehmlich auf das grosse Werk dieses grössten Astronomen

[1]) „In einem Brief an Hafenreffer vom Jahre 1610.“

[2]) „Vom Apostel Paulus bis zum Osterstreit (190) und zum Auftreten der ersten Gnostiker.“

[3]) „Der bekannte antike Ausspruch über Kaiser Augustus in Beziehung auf die Stadt Rom, „„aus Ziegeln habe er sie übernommen und aus Marmor hinterlassen““.

der Neuzeit, womit er allen weiteren Forschungen, zunächst in der Fixsternwelt, mittelbar aber auch allen anderen, eine neue Grundlage gab durch die umfassende Vergleichung seiner eigenen Fixstern-Beobachtungen mit den Bradleyischen im vorigen Jahrhundert. Die Arbeit hat mit den 1818 herausgegebenen „Grundlagen der Astronomie für 1755 aus Bradley's Beobachtungen" begonnen und mit den 1830 erschienenen „Königsberger Tafeln zur Reduction der astronomischen Beobachtungen von 1750 bis 1850" geschlossen, begleitet von den „Königsberger Beobachtungen", welche die Jahrgänge 1815 bis 1844 umfassen. Dass diese „Richtigstellung des Himmels" auch für die Planetenentdeckungen der neueren Zeit eine wesentliche Grundlage war, erhellt schon daraus, dass, nachdem die vier hellsten der Planetoide zwischen Mars und Jupiter in den Jahren 1801 bis 1807 entdeckt worden waren, die Fortsetzung erst seit 1845 gefolgt ist, und dass seitdem die Planetoidenentdeckungen „gemein geworden sind wie Brombeeren"; dass ferner die wirkliche Auffindung des von Bessel schon 1840 angekündigten, zuerst aber 1846 von Leverrier aus den Störungen des Uranus berechneten Neptun in Paris nicht, wohl aber in Berlin gelungen ist, weil hier das dazu erforderliche Blatt der Sternkartensammlung eben in der Herausgabe begriffen war, welche die Berliner Akademie auf Anregung von Bessel und auf den Grund jener „Richtigstellung des Himmels" veranstaltet hatte.

Die wichtigsten Aufschlüsse, welche die neuere Astronomie anstrebt, sind aber in der Fixsternwelt als solcher zu holen, welche, wie wir am Schluss des zweiten Theils gesehen haben, zu Keplers Zeit unbeweglich und starr, sozusagen noch fast ganz hinter den Coulissen der Astronomie, an den unnahbaren „Gränzen der Welt" lag. Wir können auf die diesfalsigen Fragen und ihre theilweise Beantwortung nicht näher eingehen: auf die eigenen und scheinbaren, insbesondere die parallaktischen, Sternbewegungen (aus welchen auf die Bewegung der Sonne zu schliessen war), sowie unter jenen auf die absoluten und relativen (aus welchen besondere Systeme, Doppelsternverbände, sich ergaben), auf die Entfernungen einzelner Sterne und die Massen einzelner Doppelsterne u. s. w. Wir bemerken nur noch zweierlei, einmal, was Bessel selbst hier leistete. Wir können es kurz bezeichnen, das Eine, als die erste entschiedene Bresche in die Festung der Sterne, welche von Bessel durch die Bestimmung des Abstands und der Masse des Sterns Nr. 61 im Schwanen gemacht worden ist, populär ausgedrückt des „Besselschen Schwanensterns", — das Andere als eine Art von Wiederholung des Neptunhergangs in der Sternenwelt, indem Bessel aus relativen Bewegungen des Sirius auf einen bisher nicht gesehenen Begleitstern desselben schloss und über der begonnenen Berechnung dieses berühmten „Siriusbegleiters" starb.[1]) Alsdann sind wenigstens

[1]) „Die Berechnung ist durchgeführt worden von Peters und aufs neue von Auwers; der sehr lichtschwache Stern aber ist zu Anfang der Sechziger Jahre zuerst in Nordamerika gesehen worden".

einige der zahlreichen Astronomen zu nennen, welche in Deutschland aufblühten, theils als Zeitgenossen Bessels, theils als Nachfolger und Schüler von jenen, wie von ihm selbst; unter jenen: Olbers, Hansen, Argelander, Schumacher, Struve der ältere[1]), Encke, Mädler, Peters (in Altona), Littrow; unter diesen: Struve der jüngere, Förster, Auwers, Bruhns, J. Zech, Schönfeld, Zöllner und viele andere. Die Menge der bedeutenden astronomischen Kräfte in Deutschland ist schon an sich sehr bezeichnend; und die jüngst hier gegründete „astronomische Gesellschaft" verbreitet sich von ihrem deutschen Mittelpunkt aus über ganz Europa.

Diess ist das erste sozusagen rein astronomische Moment; das zweite ist das mathematische: dass nämlich der grösste Mathematiker des 19. Jahrhunderts, unser Gauss, auch selbst Astronom, der Astronomie einige seiner bedeutendsten Arbeiten gewidmet hat. Wie die eben gepriesene Menge unserer neueren Fachastronomen zum Theil durch die wachsende Menge der Planetoiden, vermöge des Princips von der Theilung der Arbeit, hervorgerufen worden ist: so wurde die mathematische Riesenkraft von Gauss für die Astronomie gewonnen durch das erstentdeckte Planetoid Ceres. Die Aufgabe, die Entdeckung der Ceres zu erhalten, erforderte die Bestimmung ihrer Bahn aus dem kleinen von ihrem Entdecker Piazzi zu Palermo beobachteten Stück der Bahn; eine mathematische Aufgabe, der nur ein mathematisches Genie ersten Ranges gewachsen war. So entstand das unsterbliche Werk von Gauss über die „Theorie der Bewegung der die Sonne in Kegelschnitten umwandelnden Himmelskörper", von welchem früher schon ein paarmal die Rede war. Ein zweites Geschenk, welches Gauss der Astronomie machte, war die „Methode der kleinsten Quadrate", oder die Anweisung, aus einer Fülle von Beobachtungen die möglichst genauen Werthe von Grössen herzuleiten, die von jenen Beobachtungen abhängen. Ein drittes sind seine Additions- und Subtractionslogarithmen, ein viertes kleineres seine Analogien für das sphärische Dreieck. Als fünftes endlich kann die von Gauss bei Gelegenheit seiner erdmagnetischen Studien — er wird ja der „Newton des Erdmagnetismus" genannt — aufgestellte „Potential-Theorie" erwähnt, aber hier nicht erklärt werden, welche auch in der Himmelsmechanik ihre Rolle spielt. Dass andere unserer grossen neueren Mathematiker, deren Anzahl mit derjenigen der eigentlichen Astronomen wetteifert, die astronomische Störungsrechnung mit neuen Kunstgriffen und Methoden bereichert haben, voran C. G. J. Jacobi, mag von der mathematischen Seite schliesslich bemerkt werden.

Das dritte Moment ist das technische. Der in Theorie und Praxis grosse Optiker Fraunhofer hat, im Verein mit mechanischen Technikern, München zu einer grossartigen Werkstätte gemacht, aus welcher Fraun-

[1]) „Zwar, wie sein Sohn, in Russland, an der Sternwarte zu Pulkowa, thätig gewesen, aber ein Deutscher; auch Mädler war längere Zeit in Dorpat thätig."

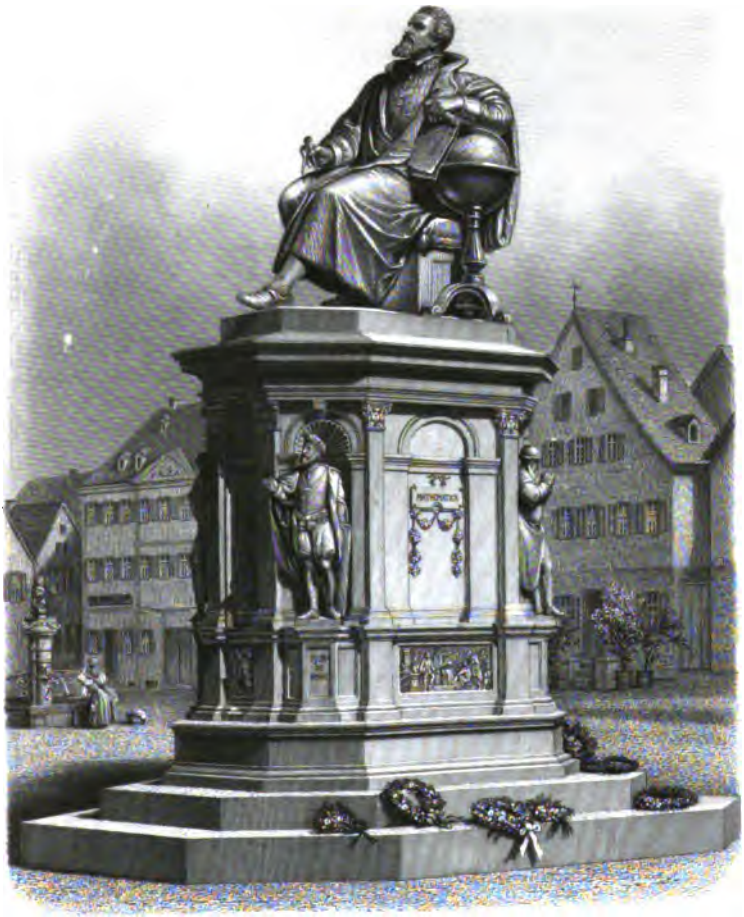
hofer'schen „Refractoren" und Reichenbach'sche „Meridianinstrumente" in alle Welt ausgingen und den bisher an der Spitze gestandenen englischen Apparaten eine fast überbietende Concurrenz machten. Hierin ist Berlin nachgefolgt, schon seit geraumer Zeit überhaupt die erste Stadt Deutschlands in feiner und grober Industrie. Solche Instrumente und die Astronomen aus Bessels Schule waren ja für einander bestimmt.

Das vierte Moment ist die Einführung der Chemie in die Astronomie oder, allgemein zu sprechen, das physikalisch-chemische. Nachdem durch die Anwendung des Gravitationsprincips auf die Doppelsterne durch deutsche und andere Astronomen die Einheit der Kraft im Weltall constatirt war, hat die neueste Zeit auch die Einheit des Stoffs zum Bewusstsein gebracht. Es ist ein ganz neuer Zweig der Astronomie entstanden, welcher die Weltkörper chemisch untersucht mittelst der „Spectralanalyse". Diese aber ist die grosse Entdeckung des deutschen Physikers Kirchhoff und von demselben auch sogleich auf chemische Untersuchung der Sonne („Solaranalyse") angewendet worden, welcher die „Stellaranalyse" auf dem Fusse gefolgt ist. Auch dieser ebenso überraschende als folgenreiche Fortschritt der Astronomie schliesst sich zunächst an optische Wahrnehmungen an, wie ja überhaupt stets Astronomie und Optik Hand in Hand gegangen sind, was wir am schlagendsten eben im Keplerschen Zeitalter sahen. Das prismatische Farbenbild („Spectrum") mit seinen hellen Streifen oder dunkeln (Fraunhoferschen)[1]) Linien ist es, wodurch es möglich geworden ist, das Vorhandensein bestimmter chemischer Stoffe in den Weltkörpern nachzuweisen, die Sterne nach ihrer chemischen Constitution zu classificiren, Sternhaufen von eigentlichen Nebelflecken zu unterscheiden, ja auch Schlüsse auf Bewegungen der Sterne zu machen. Die Mehrzahl dieser spectroskopischen Resultate ist, wie es scheint, ausserhalb Deutschlands zu Stande gekommen, aber Princip und Grundlage ist von Deutschland ausgegangen; und der neueste Aufschwung in dieser Sache, welcher selbst auf Sternentfernungen speculirt, rührt von unserem Zöllner her.....

Den Hauptgegenstand dieses Abschnittes müssen die zwei grossen Denkmale Keplers bilden, welche in neuester Zeit fertig geworden sind. Der 24. Juni 1870 versammelte eine grosse Menschenmenge in dem kürzlich in Schienenverband gekommenen Weil der Stadt, zu dem Enthüllungsfest des prachtvollen Keplerdenkmals. Längst (seit 1850) projectirt von Weils Einwohnern, reichlich unterstützt durch Beiträge von allen Seiten, insbesondere aus Deutschösterreich, Keplers zweiter Heimath, steht es nun auf dem Marktplatz der Stadt im Angesicht des Keplerhauses, „erfunden und modellirt von A. Kreling, in Erz gegossen von Lenz-Geroldt zu Nürnberg". Kepler ist in Ueber-

[1]) „Auch diese der Spectralanalyse zur Grundlage dienende Entdeckung ist eine deutsche, welche sich an den Namen des grossen, schon vorhin in technischer Hinsicht erwähnten, Münchner Optikers knüpft."

hofer'schen „Refractoren“ und Reichenbach'sche „Meridianinstrumente“



Stich u. Druck v. A. Weger, Leipzig

Kyffhäuser Denkmal in West der Stadt

lebensgrösse sitzend dargestellt, den linken Arm auf einen Globus gestützt, in der linken Hand eine Papierrolle mit einer Ellipsenzeichnung, in der Rechten einen Zirkel, das edle Haupt zurückgelehnt, den Blick frei und kühn ins Weltall hinausgerichtet. Das hohe achteckige Piedestal aus rothem Sandstein, Werk des Oberbauraths Egle, hat zwei längere und zwei kürzere glatte Seiten; die vier übrigen sind zu Nischen ausgehöhlt, wo vier Nebenstatuen stehen: vorn Tycho, der Vorgänger im Amt und Spender des atronomischen Materials, und Mästlin, der persönliche Lehrer und Freund; hinten Jobst Byrg, der befreundete Spender von Logarithmen und Apparaten, und Copernicus, der objective Lehrer und Vorgänger in der Mission[1]). Auf den vier glatten Seiten stehen in Steinschrift die Namen der vier Gebiete von Keplers Wirksamkeit *„Astronomia"*, *„Physica"*, *„Optica"* und *„Mathematica"*. Unter denselben befinden sich Reliefs in Erz, wovon das erste vordere eine Urania darstellt, die drei andern Kepler in Verbindung mit den drei Zeitgenossen unter jenen vier Männern bringen, je in einer concreten Scene, nämlich mit Mästlin in einem Lehrzimmer zu Tübingen, mit Byrg an einem Fernrohr, mit Tycho in einem Arbeitszimmer zu Prag. Weiterer Details enthalten wir uns billig, da ein Kunstwerk nicht sowohl Beschreibung in Worten als Abbildung erheischt, vor Allem aber selbst gesehen werden will.

Ausführlicher muss uns dagegen das andere Denkmal beschäftigen, hat ja auch seine Herstellung einen ungleich längeren Zeitraum in Anspruch genommen. Denn nicht weniger als ein Dritteljahrhundert beträgt die Zeit, welche Frisch mit wahrhaft keplerischer Beharrlichkeit (*„plurium annorum pertinaci studio"*) auf die Herausgabe „der sämmtlichen Werke des Astronomen Johann Kepler" verwendet hat, „von keinem anderen Interesse bei der schwierigen Arbeit geleitet, als von der Bewunderung des wahrhaft grossen Mannes". Wir begrüssen darin ein wahres deutsches Nationalwerk mit dankbarer Freude. Es wird am dreihundertjährigen Jubiläum von Keplers Geburt fertig vorliegen; denn, während wir diese Zeilen schreiben, wird das Register zu den acht Bänden gedruckt.

Ein Register von über 7 Bogen schliesst das achtbändige Werk. Dadurch wird es zu einem Nachschlagebuch nicht nur für die von Kepler vertretenen Wissenschaften, sondern für alle Verhältnisse jenes Zeitalters; das Werk erhält einen wahrhaft encyclopädischen Charakter für das 16te und 17te Jahrhundert. Diess beruht auf Keplers Vielseitigkeit und auf dem Umfang seiner Correspondenz, welche wir eben-

---

[1]) „Ich gestehe, dass ich mich anfangs an der Anbringung des Copernicus als Nebenfigur gestossen habe, zumal wenn ich mir folgerichtig auch Kepler als Nebenfigur bei einem Newtondenkmal verwendet dachte. Allein ich muss auch die Berechtigung anerkennen, den Vorgänger aufzufassen als den, auf dessen Schultern der Nachfolger ebenso gut steht, als auf denjenigen seiner unmittelbaren Gehilfen, abgesehen noch davon, dass in unserem Falle Kepler in der That grösser dasteht, als Copernicus."

desshalb vorhin specificirt haben, um diese Seite der historischen Arbeit zu begründen.

So begrüssen wir denn in der höchsten Befriedigung zugleich mit dem dreihundertjährigen Jubiläum von Keplers Geburt die Vollendung dieser mühevollen Arbeit eines Menschenalters, dieses deutschen Nationalwerks. Wir versäumen auch nicht, an das herrliche Seitenstück zu erinnern, an jenes andere ähnliche Nationalwerk, dessen Bände seit acht Jahren die Keplerschen Bände begleiten, an die von der Göttinger Akademie herausgegebenen Werke von Gauss, dessen literarischer Nachlass übrigens weniger Sorgen und Mühen veranlasst hat als der Keplersche.

Doch das letzte Wort gilt Dir, vor Allem theuer, Vaterland, Deutschland! Wie zufällig das Zusammentreffen sein mag, es liegt einmal vor, dass das Jahr des dreihundertjährigen Keplerjubiläums zugleich das Jahr der Wiedergeburt des deutschen Reiches ist, und dass Deutschland seit mehr als dreihundert Jahren keine grössere Epoche gehabt hat, als die, welche der Frankfurter Friede und die Eröffnung des ersten deutschen und vom deutschen Volke gewählten Reichstags bezeichnet, zu dessen Mitgliedern auch der Herausgeber der Werke Keplers zählt."

Das sind Worte aus der Seele eines begeisterten deutschen Patrioten, den ich ebenso wie Hrn. Professor Frisch zu meinen persönlichen Freunden zu rechnen die Ehre hatte. Beide Männer ruhen heute im Grabe. Professor Reuschle starb vor einigen Jahren in Stuttgart in Folge einer Verwundung am Fusse, und über Professor Frisch brachten die Zeitungen Anfangs April dieses Jahres (1881) den folgenden kurzen Nekrolog:

„Christian von Frisch. Königl. Würtembergischer Oberstudienrath, bis 1880 Vorstand der Stuttgarter Realschule, früher Mitglied des deutschen Reichstages und 1848 des Frankfurter Parlaments. Herausgeber der Werke Kepler's und Verfasser der Biographie des grossen Astronomen, wurde am 5. Nov. 1807 geboren und starb zu Stuttgart am 29. März 1881."

Ueber die Beziehungen der „Astrophysik" zu den bisher cultivirten Theilen der Astronomie habe ich mich vor 16 Jahren in meinen „Photometrischen Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper" (Leipzig 1865, bei W. Engelmann) S. 310 ff. wörtlich wie folgt ausgesprochen:

Die Astronomie hat sich zur Erlangung empirischer Data bisher fast ausschliesslich nur einer Eigenschaft des Lichtes, nämlich der geradlinigen Fortpflanzung desselben bedient. Durch diese Qualität des Lichtes einerseits und durch die besondere Beschaffenheit des Auges und der optischen

Instrumente andrerseits, sind wir in den Stand gesetzt, die Richtungen, in welchen uns die Himmelskörper erscheinen, näher zu bestimmen.

Die Aufgabe der practischen Astronomie bestand daher im Wesentlichen darin, jene Richtungen als Functionen der Zeit mit möglichst grosser Genauigkeit festzustellen.

Die hierdurch bestimmten Ortsveränderungen der Gestirne war man genöthigt, zunächst rein phoronomisch als Wirkungen einer doppelten Ursache zu betrachten.

Die eine liegt in der Bewegung unseres Standpunctes und erzeugt die scheinbaren Ortsveränderungen, die andere in der Bewegung der beobachteten Gestirne unter sich und erzeugt die wahren Ortsveränderungen derselben.

An der Vollständigkeit, mit welcher sich die Trennung dieser beiden Ursachen in den verschiedenen Zeitaltern astronomischer Cultur vollzogen hat, lässt sich die Entwickelungsphase der Astronomie bemessen, und noch heut muss es als eins der wesentlichsten Ziele der gesammten Astronomie betrachtet werden, jene Trennung der virtuellen und reellen Bewegungserscheinungen am Himmel bis in die feinsten Details herab zu vervollständigen.

Indessen ist hiermit nur ein Theil des Problems der himmlischen Bewegungen gelöst. Denn dasselbe Causalgesetz, welches uns antrieb, die erwähnten Ursachen jener Bewegungen phoronomisch von einander zu trennen, nöthigte uns ferner auch, nach der physischen Ursache derselben zu forschen.

Diese Ursache musste nothwendig in den bewegten Körpern selbst gesucht werden, und da es uns nur gestattet ist, die Eigenschaften irdischer Körper einer näheren Untersuchung zu unterwerfen, so musste der Versuch gewagt werden, eine Eigenschaft, welche ohne Ausnahme allen irdischen Körpern zukommt, durch Analogie auch auf die Himmelskörper zu übertragen.

Diese allgemeine Eigenschaft besteht in dem eigenthümlichen Zuge oder Drange, mit welchem jeder Körper nach Maassgabe seiner Masse sich dem Mittelpuncte der Erde zu nähern bestrebt ist.

Die Gesetze dieses Zuges liessen sich empirisch und theoretisch auf der Erde feststellen, und das anfangs paradox und verwegen erscheinende Unternehmen, die nur an irdischen Körpern beobachteten Gesetze jener geheimnissvollen Eigenschaft auch bei allen übrigen Körpern des sichtbaren Universums vorauszusetzen, war von so glänzendem Erfolge gekrönt, dass heut, kaum zwei Jahrhunderte später, die Lehre von der allgemeinen Gravitation zu den Trivialitäten gerechnet wird.

Gäbe es nun keine anderen Unterschiede und Veränderungen im Lichte der Gestirne als die Richtung, in welcher sie uns erscheinen, d. h. wäre das von ihnen ausgesandte Licht stets von gleicher Intensität, gleicher Farbe und gleicher physikalischer Zusammensetzung, so wäre die Methode der Positionsbestimmungen der einzig mögliche Weg, auf dem die practische Astronomie in Zukunft fortzuschreiten hätte.

Indessen so verhält es sich keineswegs. Die Gestirne zeigen uns bezüglich der genannten Eigenschaften mannigfache Unterschiede, welche ebenso, wie diejenigen des Ortes, Functionen der Zeit sind.

Fasst man den Begriff der Farbe in dem früher (vgl. oben S. 540) von mir definirten allgemeineren Sinne, so hat man für jeden Himmelskörper drei Grössen als Functionen der Zeit zu bestimmen: die Intensität der chemischen, optischen und thermischen Strahlen. Wenn auch die Möglichkeit einer astronomischen Verwerthung der letzten Grösse bis jetzt nur auf Sonne und Mond beschränkt bleiben muss, so berechtigen doch die neuerdings im Gebiete der Thermoëlektricität gemachten Entdeckungen[1]) zu der Hoffnung, vielleicht auch diese Schranke zu Gunsten einer allgemeineren Anwendung jener Kraft durchbrechen zu können.

Wie wir nun, nach dem Satze vom zureichenden Grunde, ein Recht hatten, nach den Ursachen der Aenderung des Ortes der Gestirne oder der Richtung des von ihnen ausgesandten Lichtes zu forschen, ganz ebenso haben wir auch ein Recht, nach den Ursachen der Intensitätsänderungen jenes Lichtes zu fragen.

Analog den Ortsveränderungen ist auch hier ein Theil dieser Intensitätsunterschiede und ihrer Veränderungen bedingt durch die räumlichen Beziehungen unseres Standpunctes zu den lichtausstrahlenden Körpern, ein anderer Theil durch die Veränderungen auf jenen Körpern selber.

Um zu den physischen Ursachen auch dieser intensiven Veränderungen zu gelangen, müssen wir denselben Weg einschlagen, auf dem wir zur Ueberzeugung von der Allgemeinheit der Gravitation gelangt sind, d. h. wir müssen diejenigen Eigenschaften der Körper, welche auf dem eng begrenzten Schauplatze der tellurischen Veränderungen ähnliche Erscheinungen hervorrufen, durch Analogie auch auf die entferntesten der uns sichtbaren Himmelskörper übertragen.

Ich habe mich im letzten Theile dieser Untersuchungen bemüht, den Nachweis zu liefern, dass dieser Weg mit Erfolg betreten werden kann und auch logisch der allein mögliche und richtige ist.

Ein mächtiges Hülfsmittel, auch im Bereiche der intensiven Veränderungen am Himmel dieselbe Trennung der virtuellen von den reellen Grössen zu bewerkstelligen, welche die bisherige Astronomie auf dem Gebiete der extensiven Grössen vollzogen hat, wird ohne Zweifel die Spectralanalyse darbieten, indem sie uns auf ganz directem Wege jene Qualitäten der Gestirne kennen lehrt, aus welchen wir den objectiven oder reellen Theil ihrer Unterschiede und Veränderungen zu erklären und abzuleiten haben.

Es fragt sich nun, ob es nicht auch irgend eine Eigenschaft des Lichtes gebe, welche eine Function des Bewegungszustandes des lichtausstrahlenden Körpers selber sei, um auch diesen Zustand, nicht wie

---

[1]) S. Marcus, Eine neue und sehr kräftige thermo-elektrische Säule. Ber. d. Wiener Acad. 1865 No. 8, auch in Pogg. Ann. Bd. CXXIV. S. 629.

bisher indirect aus Positionsveränderungen, sondern direct und lediglich aus der Natur und Beschaffenheit des ausgesandten Lichtes zu bestimmen.

[An dieser Stelle folgt im Original eine ausführliche Besprechung einer damals erschienenen Abhandlung des Directors der Göttinger Sternwarte W. Klinkerfues: „Ueber den Einfluss der Bewegung der Lichtquelle und eines brechenden Mediums auf die Richtung des gebrochenen Strahles". (Nachrichten der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1865, Nr. 6, S. 157.) Die in dieser Arbeit entwickelten Principien und Ideen haben sich jedoch theoretisch und practisch als irrthümliche erwiesen. Erst die epochemachenden Beobachtungen von Huggins (*Phil. Trans.* 1868. *p.* 532) über die Verschiebung der Spektrallinien, welche alsbald in Deutschland von Dr. Vogel auf der Privatsternwarte des Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp wiederholt und in grösserem Umfange fortgesetzt wurden, haben die definitive Lösung des Doppler'schen Problems (vgl. oben S. 47 ff.) herbeigeführt. Indem ich aus dem angeführten Grunde den in meinen „Photometrischen Untersuchungen" a. a. O. befindlichen Abdruck einzelner Stellen aus der Klinkerfues'schen Abhandlung hier unterdrücke, lasse ich den wörtlichen Abdruck der auf S. 314—316 befindlichen Schlussbetrachtungen aus meiner erwähnten Schrift aus dem Jahre 1865 folgen. Statt „Klinkerfues'sche Methode" habe ich jedoch gegenwärtig „Doppler-Huggins'sche Methode" gesetzt.]

„Sollte sich die angeführte Methode zur Ermittelung des Bewegungszustandes leuchtender Körper bewähren, so würden gleichzeitig angestellte photometrische Messungen ein Mittel abgeben, das Problem der Parallaxen in einer ganz neuen und allgemeineren Weise als bisher zu lösen.

Bezeichnet nähmlich x die unbekannte Entfernung eines Himmelskörpers, s den in einem bestimmten Zeitraume zurückelegten und nach der Huggins'schen Methode ermittelten Weg in der Richtung des Visionsradius, so hat man für das Intensitätsverhältniss der in beiden Lagen ausgesandten Lichtmengen:

$$\frac{i}{i'} = \left(\frac{x \pm s}{x}\right)^2$$

wobei i die Lichtmenge am Ende der benutzten Zwischenzeit ausdrückt. Je nachdem sich der Himmelskörper entfernt oder nähert, muss das positive oder negative Zeichen gewählt werden.

Aus der obigen Gleichung ergiebt sich aber

$$x = \frac{\pm s}{\sqrt{\frac{i}{i'}} - 1}$$

als Werth für den Abstand des Sternes beim Beginn der Beobachtungen.

Nach dieser Formel würde z. B. der Stern o^2 Eridani mit einer von uns abgewendeten Bewegung von 20 Meilen in der Secunde, nach Verlauf von 20 Jahren schon um nahe 1 Procent lichtschwächer geworden sein, wenn man seinen jetzigen Abstand von uns zu 10 Jahren Lichtzeit annimmt.[1])

[1]) Diese Grösse hatte Klinkerfues a. a. O. für jenen Stern angegeben. Vogel findet nach der Doppler-Huggin'schen Methode, dass Sirius sich 10 Meilen, Procyon 13.8 Meilen in der Secunde von uns entfernt. (Vgl. Vogel, Beobachtungen auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow. Heft I S. 35.)

Eine Helligkeitsdifferenz von 1 Procent lässt sich aber mit meinem Astrophotometer durch eine hinreichende Anzahl Differenzialbestimmungen, auf welche es hierbei ja lediglich ankommt, noch mit Leichtigkeit ermitteln, so dass, wie es scheint, die angedeutete Methode auf die Ausmessung der Dimensionen unseres Fixsternsystems angewandt werden kann.

Mit Eröffnung dieser Perspective tritt uns nun aber auch die Photometrie in ihrer ganzen und vollen Bedeutung für die Fortentwickelung der Astronomie entgegen, und es war meine Absicht, durch die hier nur aphoristisch gegebenen Andeutungen das Interesse für jene ursprünglich rein physikalische Disciplin auch bei den Astronomen immer allgemeiner und lebendiger zu machen.

Erwägt man nun ferner hierbei die unabsehbare Fülle des Materials zu neuen Beobachtungen einerseits, und die gegenwärtig in ihrer ersten Entwickelung begriffenen Methoden andrerseits, so erscheint es fast unzweifelhaft, dass sich sehr bald das Bedürfniss nach einer besonderen Disciplin fühlbar machen wird, welche sich der ausschliesslichen Behandlung der hier angedeuteten Probleme in systematischer Weise zu unterziehen hat.

Sowohl die heutige Entwickelungsphase der Astronomie als auch das täglich sich steigernde Interesse für die Anwendung rein physikalischer Methoden auf astronomische Objecte, scheinen anzudeuten, dass bereits gegenwärtig alle Elemente zur Bildung jenes neuen Theils der Astronomie vorhanden sind. Derselbe dürfte vielleicht nicht unpassend mit dem Namen „Astrophysik“ belegt werden zum Unterschiede von dem bisher in Deutschland allgemein als „physische Astronomie“ bezeichneten Theile. War es die Aufgabe der letzteren, unter Voraussetzung der Allgemeinheit einer Eigenschaft der Materie (der Gravitation), alle Ortsveränderungen der Gestirne zu erklären, so wird es die Aufgabe der Astrophysik sein, unter Voraussetzung der Allgemeinheit mehrerer Eigenschaften der Materie, alle übrigen Unterschiede und Veränderungen der Himmelskörper zu erklären.

Mit Rücksicht auf die Natur der hierbei anzuwendenden Methoden lässt sich die Astrophysik auch als eine Vereinigung der Physik und Chemie mit der Astronomie betrachten, und sie erscheint von diesem Gesichtspuncte aus als das nothwendige Resultat einer allgemeineren Entwickelung, welche beim stetigen Fortschritt der Wissenschaften bereits auch auf andern Gebieten ähnliche Verschmelzungen ursprünglich getrennter Disciplinen zu einer höheren und allgemeineren Einheit herbeigeführt hat.“

Im Vorstehenden habe ich meine Theilnahme an der Begründung und Förderung der neueren Astrophysik durch den Abdruck von Worten bewiesen, welche ich im Laufe der letzten 20 Jahre theils in wissenschaftlichen Zeitschriften, theils in selbstständigen Schriften veröffentlicht habe. Für einen anderen, wie ich glaube, nicht minder wesentlichen Antheil, welchen ich an dem Aufblühen dieses neuen Zweiges

der Astronomie genommen habe, liegen die Documente in meinen wissenschaftlichen Privatcorrespondenzen mit meinen hochverehrten Freunden Otto von Struve, dem Director der Kaiserl. Centralsternwarte in Pulkowa bei St. Petersburg, (wo gegenwärtig die Herren Dr. Hasselberg und Dr. Lindemann die Astrophysik fördern,) und dem früheren Preussischen Ministerpräsidenten und Wirklichen Geheimrath Dr. L. Camphausen in Cöln (älterem Bruder des früheren Preuss. Finanzministers), ebenso mit den Herren H. C. Vogel und Spörer, gegenwärtig Professoren an dem Königl. Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam, mit Professor Galle, Director der Sternwarte in Breslau, Professor Kayser, weiland Director der Sternwarte in Leyden, Dr. Kokides an der Sternwarte in Athen, Prof. Tacchini und Prof. Cacciatore, Directoren der Königl. Sternwarte in Palermo, Prof. A. de Gasparis, Director der Sternwarte in Neapel, Professor Schweizer, weiland Director der Sternwarte in Moskau, wo gegenwärtig unter Leitung von Professor Bredichin die Astrophysik blüht und namentlich meine elektrische Kometentheorie neue und unerwartete Bestätigungen erhalten hat[1]) und vielen andern englischen und amerikanischen Astronomen. Besonders umfangreiche Correspondenzen, in denen praktische Anweisungen zur Verbesserung der Spectroskope enthalten sind, habe ich mit Herrn S. Merz, dem gegenwärtigen Inhaber der berühmten von Fraunhofer gegründeten optischen Werkstätte in München geführt. Ebenso mit Hrn. Hofmechanicus A. Ausfeld in Gotha, welcher meine Astrophotometer anfertigt und dem genialen Hamburger Optiker Dr. Hugo Schröder. In einem Schreiben d. d. Gotha 17. Mai 1877 hat mir Hr. Ausfeld das folgende Verzeichniss der bis vor 4 Jahren von ihm verfertigten und versandten Astrophotometer mitgetheilt:

1. 1866, Mai 28. an Dr. Kokides in Athen.
2. 1867, Mai 27. an Herrn Dr. med. Heydloff in Erfurt.
3. 1867, Mai 28. an die Königl. Sternwarte in Berlin.
4. 1867, Sept. 18. } an die Kaiserl. Sternwarte Pulkowa bei St. Petersburg.
5. 1867, Sept. 18. } (2 Exemplare)

[1]) Vgl. Näheres in meiner Schrift: „das Skalenphotometer, ein neues Instrument zur mechanischen Messung des Lichtes", Leipzig 1880.

6. 1867, October 28. an die Königl. Sternwarte in Leyden.
7. 1868, Juli 30. an die Königl. Sternwarte in Leipzig.
8. 1869, März 10. an die Kaiserl. Sternwarte in Moskau.
9. 1869, August 12. an Herrn Prof. Winnecke, Director der Kaiserl. Sternwarte in Strassburg.
10. 1869, October 25. an Herrn Theodor Wolff, Astronom in Bonn.
11. 1870, März 4. an den Director der Sternwarte in Cincinnati Herrn Cleveland Abbe.
12. 1870, Juni 29. an Professor Gould, Director der Sternwarte in Cordoba (Südamerika).
13. 1870, October 10. an den Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp bei Kiel.
14. 1871, März 1. an den Pater J. Menten, Director der Sternwarte in Quito.
15. 1871, September 27. an den Director des *Harvard-Observatory* in Cambridge (Amerika).
16. 1872, Mai 17. an Lord Rosse in Irland.
17. 1873, Juli 8. an das Kaiserl. Marineministerium in St. Petersburg.
18. 1873, September 21. an die Universität Strassburg.
19. 1873, September 21. an das Eidgenössische Polytechnicum in Zürich.
20. 1873, September 29. an Lord Lindsay's Sternwarte in Dunecht bei Aberdeen.
21. 1874, März 29. an die Kaiserliche Sternwarte in Odessa.
22. 1877, März 31. an die Königl. Sternwarte in Leipzig.

(Ueber die in den letzten 4 Jahren von Herrn Ausfeld gelieferten Astrophotometer habe ich mir bis jetzt keinen Bericht erstatten lassen, da sich meine wissenschaftliche Thätigkeit in dieser Zeit auf andere Gebiete der Physik erstreckt hat.)

Durch besondere Umstände, deren ausführliche Besprechung ich vorläufig theils aus persönlicher Schonung für die dabei Betheiligten, theils aus tactischen und formellen Rücksichten nicht für opportun halte, sehe ich mich veranlasst, im Folgenden einen kurzen Abriss meiner akademischen Laufbahn an der Universität Leipzig mit autobiographischen Fragmenten zu geben.

Nachdem ich mich am 13. März 1865 auf Grund meiner Habilitationsschrift „Theorie der relativen Lichtstärke der Mondphasen“ als Privatdocent für Physik an der hiesigen Universität habilitirt und die oben (S. 646) mitgetheilten Thesen meinen Opponenten gegenüber, unter denen sich u. A. der verstorbene Professor der Chemie O. L. Erdmann befand, vertheidigt hatte, erhielt ich folgendes Zeugniss:

Nachdem Herr Dr. ph. J. C. F. Zöllner die durch das Regulativ für die Habilitation in der philosophischen Facultät vorgeschriebenen Prüfungen

rühmlich bestanden, nämlich am 17. Februar d. J. sich dem Colloquium unterzogen, am 24. Februar die Probevorlesung gehalten und am 13. März seine Abhandlung „Theorie der relativen Lichtstärke der Mondphasen" öffentlich vertheidigt hat, ist ihm die *venia legendi* ertheilt und darüber, dass solches geschehen, gegenwärtiges Zeugniss ausgestellt worden.

Leipzig, d. 13. März 1865.

M. W. Drobisch,
d. Z. Decan der philos. Facultät.
Dr. O. L. Erdmann.
Dr. W. Hankel.

Im folgenden Jahre 1866 erhielt ich einen Ruf als Docent der Physik vom „Physikalischen Verein" zu Frankfurt a. M., welche Stellung bis dahin der gegenwärtige Professor der Physik F. Kohlrausch in Würzburg bekleidet hatte. Es befindet sich unter meinen Papieren ein auf diese Berufung bezüglicher Brief von der Hand des durch seine Entdeckungen auf dem Gebiete der technischen Chemie rühmlich bekannten Professors Rud. Boettger. Dieser Brief ist an einen deutschen Professor der Physik gerichtet, der Herrn Prof. Boettger damals auf mich aufmerksam gemacht hatte. Der Brief lautete wörtlich wie folgt:

Geehrtester Freund!

Wir sind Ihnen bezüglich des uns in Vorschlag gebrachten Dr. Zöllner recht sehr verbunden und beeile ich mich, im Auftrage unseres Vorstandes Sie zu ersuchen, dass Sie die Freundlichkeit haben möchten, einmal Ihrerseits bei Dr. Zöllner anzufragen, ob er wohl zur Uebernahme der Mitte October vacant werdenden Stelle eines Docenten der Physik bei unserem physikalischen Vereine geneigt sei. Der abzuschliessende Contrakt zwischen dem Verein und seinen zwei Docenten lautet zwar immer vorläufig nur auf 1 Jahr (um letzteren in der Wahl einer später etwa einzuschlagenden andern Carrière völlig freie Hand zu lassen), daran dürfte indess Dr. Zöllner ebensowenig einen Anstand nehmen, als ich selbst bereits 31 Jahre schon mich unter diesen Contraktverhältnissen recht wohl befunden. Als fixen Gehalt bezieht derselbe 900 Gulden in vierteljähriger Vorausbezahlung, hat dagegen nur wöchentlich zwei, jedesmal 1 Stunde in Anspruch nehmende Vorlesungen zu halten und ausserdem alle 14 Tage an einem Samstagabend in einem wiederum einstündigen Vortrage über neuere auf dem Gebiet der Physik gemachte Entdeckungen und Beobachtungen zu referiren. Er bekommt das ziemlich ansehnliche phys. Cabinet gänzlich zu seiner Disposition, hat also Zeit und Mittel zu eigenen Forschungen vollauf. Um die Osterzeit hat er $1^1/_2$ Monat, desgleichen zu Michaelis

$1^1/_2$ Monat Ferien. Sollte sich Dr. Zöllner unter diesen Bedingungen bereit zeigen, die Stelle anzunehmen, so wäre jedenfalls doch erforderlich, dass derselbe sich, entweder im Laufe dieses oder des Monats Septbr. hier einmal bei uns sehen liesse und in unserem Vereine über irgend ein von ihm selbst auszuwählendes Thema einen Vortrag hielt, um den Vereinsmitgliedern theils Gelegenheit zu geben, ihn persönlich kennen zu lernen, theils die Generalversammlung der Mitglieder formell zu veranlassen, die gethanen Schritte des Vorstandes in der Berufung des neuen Docenten gut zu heissen. Sie würden mich und besonders den Vorstand unseres Vereins, bei welchem zur Zeit Herr Geheimrath Rommel den Vorsitz führt, recht sehr verpflichten, wenn Sie die Freundlichkeit hätten, in der fraglichen Angelegenheit die Ihnen dazu geeignet scheinenden Schritte bei Dr. Zöllner einzuleiten und mir demnächst das Resultat derselben mitzutheilen. In der zuversichtlichen Hoffnung, meine hier ausgesprochene Bitte recht bald realisirt zu sehen, grüsst Sie aufs herzlichste

Frankfurt a. M., 17. Aug. 66.

Ihr

Freund und College

Rud. Boettger.

Ich reiste auf Grund dieses Schreibens zu meiner persönlichen Information nach Frankfurt a. M. und war erfreut über die liebenswürdige Aufnahme, welche ich bei Professor Böttger und seiner Familie fand. Derselbe war noch tief erschüttert von dem plötzlichen Tode des ihm nahe befreundeten Oberbürgermeisters von Frankfurt a. M. Auf meine Anzeige des an mich ergangenen Rufes beim Königl. Cultusministerium in Dresden erhielt ich die folgende Antwort:

Das unterzeichnete Ministerium hat aus Ihrer an Dessen Vorstand unterm 5/10. dieses Mon. gerichteten Zuschrift ersehen, was Sie bezüglich der Ihnen in Frankfurt angetragenen Stellung angezeigt haben.

Das Ministerium müsste es in hohem Grade bedauern, wenn Sie Leipzig verlassen sollten und würde, Falls Sie den an Sie ergangenen Ruf ablehnen, gern bereit sein, Sie zum ausserordentlichen Professor in der philosophischen Facultät zu ernennen. Könnte auch mit dieser Stellung ein fester Gehalt vor der Hand nicht verbunden werden, da die gegenwärtige Finanzperiode ihrem Abschlusse entgegen geht, und sich unter den dermaligen Zeitverhältnissen nicht absehen lässt, über welche Mittel Man zu Anfang der nächsten Finanzperiode zu verfügen haben wird, so würde das Ministerium doch, dafern Sie hierauf eingehen und an der Universität Vorlesungen über Mathematik halten wollten, Ihnen sobald

als irgend möglich eine feste Besoldung, zunächst von 500 Thlr. —„—„ aussetzen.

Man sieht hierauf Ihrer gefälligen Erklärung entgegen.

Dresden, am 13. September 1866.

Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts.
(gez.) von Falkenstein.

An
Herrn Dr. Zöllner aus Leipzig
in
Frankfurt a/Main,
Hotel Drexel.

Auf dieses Schreiben sandte ich folgende Antwort nach Dresden:

An
Se. Excellenz den Herrn Cultus-Minister
Dr. von Falkenstein.

Ew. Excellenz

beehre ich mich gehorsamst anzuzeigen, dass auf Grund der von dem hohen Ministerium des Cultus mir unterm 13. v. Monats gemachten Versprechungen ich mich habe bestimmen lassen, die mir in Frankfurt a/M unter so günstigen Bedingungen angebotene Stelle eines Docenten der Physik abzulehnen.

In Betreff der von mir zu haltenden Vorlesungen über Mathematik glaube ich den Intentionen eines hohen Ministeriums zu entsprechen, wenn ich mich auf solche, mehr elementare Capitel beschränke, die sowohl für Studirende der Medicin von Wichtigkeit, als auch namentlich geeignet sind, eine passende Vermittelung zwischen den mathematischen Gymnasialkenntnissen und den höheren Theilen der Mathematik zu bilden, welche letztere durch zahlreiche und ausgezeichnete Lehrkräfte an hiesiger Universität vertreten sind.

In der Hoffnung, die mir in oben gedachter Zuschrift gegebenen Zusicherungen recht bald erfüllt zu sehen, verbleibe ich

Ew. Excellenz

gehorsamster Diener
Leipzig, d. 4. October 1866. Friedrich Zöllner.

Noch vor Ablauf des Jahres wurden durch die folgenden beiden Ministerial-Rescripte die mir gemachten Versprechungen erfüllt:

Das unterzeichnete Ministerium hat Ihnen in Gemässheit der Ihnen hierunter früher ertheilten Zusicherung vom 1. Januar 1867 einen jährlichen Gehalt von Fünfhundert Thalern —„—„ bewilligt und das Universitäts-

Rentamt angewiesen, Ihnen diesen Gehalt in den gewöhnlichen Terminen gegen Quittung auszuzahlen, was Ihnen hierdurch bekannt gemacht wird.

Dresden, am 7. December 1866.

Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts.

Falkenstein. Gsm.

An
den ausserordentlichen Professor
Dr. phil. Johann Carl Friedrich Zöllner
zu Leipzig.

Das Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts hat den Privatdocenten bei der philosophischen Facultät zu Leipzig,

Dr. phil. Johann Carl Friedrich Zöllner

zum ausserordentlichen Professor in genannter Facultät ernannt und zu dessen Urkund gegenwärtiges

Decret

unter gewöhnlicher Vollziehung ausgefertigt.

Dresden, am 15. December 1866.

Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts.

Falkenstein. Fdlr.

Decret
für den ausserordentlichen Professor in
der philosophischen Facultät zu Leipzig,
Dr. phil. Johann Carl Friedrich Zöllner.

Im Jahre 1868 wurde mir von dem Director der Kaiserl. Centralsternwarte in Pulkowa bei Petersburg, Geheimrath Otto von Struve die Stelle eines älteren Astronomen in Pulkowa durch das folgende Schreiben angeboten:

Pulkowa, 1868 Mai 14.

Theuerster Freund!

Ohne mich auf eine Beantwortung Ihres letzten lieben Briefes einzulassen, richte ich heute nur eine Frage an Sie, deren schleunige Erledigung mir besonders lieb wäre:

„Würden Sie eventuell einem Rufe als älterer Astronom an unsere Sternwarte Folge geben?“ Indem ich diese Frage Ihnen vorlege, will ich Sie durch Annahme des Vorschlages keineswegs zu einem Verlassen Ihrer bisherigen so fruchtbaren wissenschaftlichen Richtung auffordern, sondern hoffe im Gegentheil, dass Sie auf solche Weise noch viel mehr in den Stand gesetzt sein werden, auf derselben Bahn erfolgreich fortzuschreiten. Es würde Ihnen nämlich auch hier die Aufgabe gestellt werden, die Astrophysik speciell zu cultiviren und bei uns einzubürgern, wobei ich es mir zum besonderen Vergnügen anrechnen würde, Ihnen nach Möglichkeit alle Hülfsmittel zur Disposition zu stellen. Ausserdem wäre es Ihre Aufgabe, uns in allen physikalischen Fragen, die ja jetzt auf Schritt und Tritt in die Astronomie eingreifen, mit Rath und That beizustehen.

Gewiss würde Ihnen aber der Entschluss nicht leicht werden, die angenehmen Lebensverhältnisse und das Klima von Deutschland gegen

unsere meist sehr monotone (wie Biot es nannte mönchische) Lebensweise und unser rauhes Klima auszutauschen, es sei denn, dass Sie die Absicht hätten, bald einen eigenen Hausstand zu gründen, wodurch natürlich Vieles ausgeglichen würde. Ja ich möchte Ihnen das letztere, für den Fall der Annahme, geradezu sehr an's Herz legen, damit Sie sich nicht der Gefahr aussetzen, während unseres langen Winters in Hypochondrie zu verfallen.

Es dürfte Sie vielleicht wundern, dass ich nicht schon vor Jahren an Sie eine solche Anfrage gerichtet habe, namentlich als die Verhandlungen wegen Wilna scheiterten. Darauf kann ich nur sagen, die Zeit musste erst die Frucht reifen. Und auch jetzt ist die Frucht erst in so fern reif, dass bei mir persönlich (nebenbei auch besonders bei Döllen) die Ansicht feststeht, dass es für uns in hohem Grade wünschenswerth ist, einen tüchtigen Astrophysiker an unserer Sternwarte zu haben.

Sie werden aber leicht ermessen, dass hierdurch ein bedeutendes Abgehen von unserer früheren ausschliesslichen Richtung hervorgerufen wird, weshalb ich denn auch diese Frage speciell unserem Sternwartencomité unterbreiten muss. Letzteres wird sich vermuthlich am 29. d. M., spätestens am 5. Juni hier versammeln. Es wäre mir daher besonders wichtig, Ihre Antwort ein Paar Tage vor dem erstgenannten Termine hier zu haben, indem es unzweifelhaft eine günstige Entscheidung des Comité's nach sich ziehen würde, wenn ich gleichzeitig sagen dürfte, dass wir Aussicht hätten, Sie für jene Stelle zu gewinnen.

Fällt Ihre Antwort bejahend aus, so würde ich mich auch gleich von dem Comité autorisiren lassen, weitere Schritte zu thun, wie z. B. Vorkehrungen zur Anlage eines kleinen physikalischen Cabinets zu treffen, worüber wir dann später des Nähere zu verhandeln hätten.

Ihrer Antwort mit Spannung entgegen sehend

Ihr

getreuer

Otto Struve.

Auf eine von meiner Seite bezüglich der näheren Verhältnisse und Bedingungen gerichtete Anfrage wurde mir die folgende Antwort zu Theil:

Pulkowa, 1868 Mai 27.

Theuerster Freund!

Durch eine unumgängliche Geschäftsfahrt nach Petersburg ist die Beantwortung Ihrer Frage um einige Stunden verzögert.

Empfangen Sie zuvörderst meinen herzlichsten Dank für Ihre freundliche Aufnahme des Anerbietens und die freudige Aussicht, die Sie mir eröffnet haben, auf dessen definitive Annahme.

Ihre Frage beziehe ich zunächst auf die materiellen Bedingungen der Stellung, indem ich voraussetze, dass Ihnen sowohl über die wissenschaftliche, wie auch, wenn ich es so nennen darf, politische Stellung der älteren Astronomen in unserem Organismus, ausführlichere Fingerzeige

bereits in meiner Jubiläumsschrift geboten sind und andererseits gewiss auch mancherlei durch persönlichen Verkehr zur Kenntniss gekommen ist. Die materielle Ausstattung der Stelle ist also Gehalt 1500 Rubel, Equipagengelder 300 Rubel, freie Wohnung von mindestens 6 Zimmern nebst Küche und Kellerraum, Heizung, theilweise Beleuchtung und Bedienung. Ferner Pensionsberechtigung auf Grundlage der für die Akademie der Wissenschaften bestehenden Gesetze (nach 20jährigem Dienste halber, nach 25jährigem ganzes Gehalt als Pension.) Erste Rangklasse bei Eintritt in den Dienst ist die des Hofraths. Ich kann noch hinzufügen, dass eine nicht unwesentliche Erhöhung der Gehalte aller hiesigen Beamten (um 1000 Rubel für die älteren Astronomen) schon seit Jahren angebahnt und durch unser Comité befürwortet ist, und dass ich der Realisation dieses Antrages im Laufe dieses oder des nächsten Jahres entgegensehe. Verbürgen kann ich mich aber natürlich für den Erfolg nicht, wenn ich ihn auch für sehr wahrscheinlich halte.

Vielleicht dürfte bei Ihrer definitiven Entscheidung auch noch in's Gewicht fallen, dass bei der Natur unserer Beschäftigungen hier gar keine officiellen Ferien bestehen, dass aber jeder russische Staatsdiener alljährlich auf 28 Tage Urlaub Anspruch hat, welchen wir aber im Allgemeinen vorziehen in längere Urlaubstermine nach grösseren Intervallen zu verwandeln.

Sind Ihnen diese Mittheilungen genügend zur entscheidenden Beschlussnahme, so wäre es mir lieb, umgehend Ihre Antwort zu erhalten. Unser Jahrescomité ist aus verschiedenen Ursachen erst auf Freitag den 5ten Juni anberaumt; bis dahin könnte also schon briefliche Antwort sein, was mir sehr lieb wäre. Kommt dieser Brief aber erst Sonntag oder Montag in Ihre Hände, so bitte ich den Telegraphen spielen zu lassen. — Nachdem ich die Sache im Comité besprochen (es handelt sich ja eben um die wesentliche Frage der Ausdehnung unserer Thätigkeitssphäre auf Astrophysik), würde ich in der Sitzung am 9ten Juni Ihre Ernennung durch die Akademie in Gang setzen. —

Bei näherer Bekanntschaft werden Sie das vermuthlich noch häufig bestätigt finden, dass ich zu den Leuten gehöre, die eine wichtige Idee Jahrelang mit sich herum tragen und das *pro* und *contra* erwägen, die aber, einmal zu einem Entschluss gelangt, denselben dann mit aller Kraft und möglichst rasch in's Werk zu setzen bestrebt sind. Aber das ist's nicht allein, was zur Beschleunigung mahnt. Ende Juni tritt eine Unterbrechung von 6—8 Wochen in den Akademischen Sitzungen und geschäftlichen Verhandlungen ein. Ist die Sache also nicht bis dahin abgeschlossen, so würde sie sich leicht bis in den Herbst verziehen, und ich sähe Sie gern noch im Sommer hier. Für Uebersiedelungskosten würde ich 500 Rubel beantragen.

Selbstverständlich bin ich zur Beantwortung jeder speciellen Frage in dieser Angelegenheit jeden Augenblick bereit. — Dass ich persönlich ernstlichst bemüht sein werde, Sie von vorn herein in eine Ihren Wünschen und Bestrebungen angemessene Stellung zu bringen, darin glaube ich, er-

freue ich mich hinlänglich Ihres Vertrauens. Es ist mir lieb hinzufügen zu können, dass auch mein Gesundheitszustand es mir jetzt gestattet, die Hoffnung zu hegen, dass ich auch während solcher Zeit Sie werde stützen können, bis Sie selbst hier festen Boden gefasst haben werden. Von Döllen und Wagner können Sie des freudigsten Entgegenkommens sich versichert halten.

Freundschaftlichst

Ihr

Otto Struve.

Da die an der Universität Leipzig angestellten Professoren sich damals bei Antritt ihres Amtes eidlich verpflichten mussten, ihrer vorgesetzten Behörde Anzeige von einem an sie ergangenen Ruf zu machen, bevor sie denselben definitiv annahmen, so übersandte ich dem Königl. Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichtes die vorstehenden beiden Briefe Otto v. Struve's mit folgendem Begleitschreiben:

Ew. Excellenz

habe ich die Ehre, einliegendes Schreiben, welches ich gestern von dem Director der Kaiserl. Russischen Centralsternwarte zu Pulkowa, Herrn Geheimrath O. von Struve empfing, zur gefälligen Einsicht zu übersenden.

Die mir eventuell angebotene Stelle würde mir eine wissenschaftlich erfolgreichere Verwerthung meiner bisherigen Bestrebungen gestatten, als dies bei den gegenwärtig an hiesiger Universität zu meiner Verfügung stehenden Mitteln möglich ist.

Wie auf andern wissenschaftlichen Gebieten, so auch auf dem der Astronomie, hat sich das Bedürfniss einer Arbeitstheilung geltend gemacht, um die drei, wesentlich gesonderten, Theile derselben:

1. Die mathematische Theorie der Bewegungserscheinungen,
2. Die Beobachtung und Berechnung derselben,
3. Die physikalische Untersuchung des Lichtes der Gestirne, mit Hülfe der Spectralanalyse, Photometrie und Photographie,

fruchtbringend zu bearbeiten. Der zuletzt erwähnte Zweig ist der neueste, und ich darf mir schmeicheln, denselben durch meine eigenen Untersuchungen wesentlich gefördert zu haben. Dass derselbe fast täglich an Bedeutung gewinnt, beweist sowohl das in beiliegendem Schreiben enthaltene Urtheil eines unserer bedeutendsten und einflussreichsten Astronomen, als auch die Thatsache, dass gegenwärtig den grösseren Sternwarten des Auslandes mit nicht unbeträchtlichem Aufwande von Mitteln Physiker zur ausschliesslichen Cultivirung des erwähnten Zweiges aggregirt sind. So z. B. der Sternwarte zu Paris, der erst vor wenigen Wochen verstorbene Foucault und Janssen, in Rom der Pater Secchi, der als Director der Sternwarte des *Collegio romano* seine Thätigkeit lediglich jener physikalischen Richtung zugewandt hat. Ausserdem widmen sich in

England Warren de la Rue, Huggins und Miller und Andere mit so grossem Erfolge derartigen Untersuchungen, dass ihre Namen in kürzester Frist weit über die Grenzen des wissenschaftlichen Publicums hinaus populär geworden sind. Nur Deutschland, welches als die Geburtsstätte der Photometrie und Spectralanalyse ganz besonders zur wissenschaftlichen Ausbeute dieser Methoden berufen wäre, hat bis jetzt keine Sternwarte aufzuweisen, welcher für diesen Theil der Astronomie entsprechende Mittel zur Verfügung gestellt wären.

Das Material zu den interessantesten Untersuchungen und Beobachtungen ist, — wie stets beim Betreten eines bisher der Wissenschaft wegen mangelnder Methoden verschlossenen Gebietes — ein so überreiches und kaum zu bewältigendes, dass fast jeder Schritt auf diesem Felde von neuen und überraschenden Entdeckungen begleitet ist.

Ew. Excellenz werden daher ermessen können, wie verlockend für mich ein Anerbieten sein würde, welches mir die Aussicht eröffnet, bei einer gänzlich sorgenfreien Stellung, durch Gewährung so beträchtlicher wissenschaftlicher Hülfsmittel, allen ähnlichen Bestrebungen eine würdige Concurrenz bieten zu können.

Indem ich Ew. Excellenz hiervon in Kenntniss setze, erlaube ich mir hinzuzufügen, dass Professor Bruhns, als rühmlichst anerkannter Vertreter des beobachtend-rechnenden Theils der Astronomie, die in Obigem entwickelten Ansichten theilt, so wie ich nicht zweifele, dass ein Gleiches bei den competenten Mitgliedern der philosophischen Facultät der Fall sein würde. Schliesslich bitte ich um die Ehre, Ew. Excellenz in diesen Tagen persönlich meine Aufwartung machen zu dürfen und verharre mit der Versicherung

vorzüglicher Hochachtung
Ew. Excellenz
ganz gehorsamster
F. Zöllner.

An
den Minister des Cultus und
öffentlichen Unterrichts
Dr. P. von Falkenstein.

Noch bevor die am Schlusse des vorstehenden Briefes angedeutete mündliche Unterredung stattgefunden hatte, erhielt ich das folgende Schreiben vom Minister von Falkenstein:

Das unterzeichnete Ministerium hat aus Ihrem an dessen Vorstand unterm 7. d. Mts. gerichteten Schreiben und dessen anbei zurückfolgender Beilage ersehen, dass und unter welchen Bedingungen an Sie eine Berufung an die Sternwarte zu Pulkowa erfolgt ist.

So sehr nun auch das Ministerium wünschen muss, dass eine so ausgezeichnete Kraft, wie Sie, auch ferner der Universität Leipzig erhalten bleibe, und so gern dasselbe geneigt sein würde, Sie durch eine Erhöhung Ihrer Besoldung an Leipzig zu fesseln, so sind doch die Ihnen gemachten

Anerbietungen von der Art, dass das Ministerium unter den gegenwärtigen Verhältnissen sich ausser Stande befindet, um jenen sehr ansehnlichen Anerbietungen gegenüber Ihnen einigermaassen entsprechende Offerten machen zu können. So wenig daher das Ministerium es Ihnen würde verargen können, wenn Sie sich unter diesen Verhältnissen entschliessen sollten, dem ehrenvollen Rufe, mancher in den dortigen Verhältnissen vielleicht liegenden Bedenken ohnerachtet, zu folgen, so würde doch das Ministerium immerhin es aufrichtig bedauern, dass es nicht thunlich gewesen ist, Sie dem Vaterlande zu erhalten.

Dresden, am 8. Juni 1868.

Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts.
Falkenstein. Gsm.

An
den ausserordentlichen Professor
Herrn Dr. Zöllner
zu Leipzig.

Nach mündlicher und schriftlicher Begründung derjenigen materiellen Bedingungen, unter denen ich in Leipzig vorläufig mit ausreichendem Erfolge die Astrophysik zu fördern im Stande sein und mich entschliessen würde, den Ruf nach Pulkowa abzulehnen, erhielt ich vom Ministerium die folgende Antwort:

Das unterzeichnete Ministerium hat in Verfolg Ihres an dessen Vorstand gerichteten Schreibens vom 22. vor. Mts. nicht nur Ihre Besoldung vom 1. October 1868 ab auf jährlich 800 Thlr. —„—„ erhöht, sondern auch wegen Erbauung einer Drehkuppel, sowie wegen Bewilligung einer Dispositionssumme von 500 Thlr. —„—„ zur Anschaffung sowie eines jährlichen Etatquanti von 150 Thlr. —„—„ zur Instandhaltung und Ergänzung der für Ihre spectral-analytischen Untersuchungen benöthigten Instrumente etc. an das Universitäts-Rentamt zu Leipzig die abschriftlich anliegende Verordnung erlassen, was Ihnen hierdurch bekannt gemacht wird.

Dresden, am 2. September 1868.

Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts.
Für den Minister:
Dr. Hübel.

An
den ausserordentlichen Professor
Herrn Dr. phil. Zöllner
zu Leipzig.

Das mir abschriftlich übersandte Ministerial-Rescript an das Universitäts-Rentamt lautet wie folgt:

Das unterzeichnete Ministerium hat, nachdem der ausserordentliche Professor Dr. Zöllner in Leipzig die an ihn aus dem Auslande ergangenen

Berufungen abzulehnen erklärt hat, für denselben zu den von ihm vorzunehmenden spectral-analytischen Untersuchungen im Garten der Sternwarte eine kleine Drehkuppel, welche nach dem früher eingereichten, in Abschrift wieder beifolgenden Anschlage auf 650 Thlr. —„—„ veranschlagt worden ist, herstellen zu lassen beschlossen und verordnet hierdurch, das Universitäts-Rentamt wolle wegen Ausführung dieser Herstellung das Nöthige veranstalten und den dadurch erwachsenden Kostenaufwand verlagsweise bestreiten, seiner Zeit aber behufs der Restitution des letzteren unter Beifügung der Baurechnung sammt Unterlagen Anher Anzeige erstatten.

Hiernächst will das Ministerium dem Dr. Zöllner zur Anschaffung der zu jenen Untersuchungen benöthigten Instrumente die Summe von 500 Thlr. —„—„ zur Verfügung stellen und ist diese letztere demselben durch das Universitäts-Rentamt ebenfalls verlagsweise zu gewähren, nach erfolgter Verwendung aber über den definitiven Anschaffungsaufwand behufs dessen Restitution ebenfalls unter Beifügung der quittirten Rechnungen Anzeige zu erstatten.

Endlich hat das Ministerium dem Dr. Zöllner nicht nur zur Instandhaltung und Ergänzung jener Instrumente ein jährliches Dispositionsquantum von 150 Thlr. —„—„ vom 1. Januar 1869 ab bewilligt, sondern auch dessen Besoldung vom 1. October 1868 ab auf jährlich Achthundert Thaler —„—„ zu erhöhen beschlossen und ergehet hierdurch Verordnung, das Universitäts-Rentamt wolle sowohl dieses Dispositionsquantum als die erhöhte Besoldung von den angegebenen Terminen an in der gewöhnlichen Masse an den Dr. Zöllner gegen Quittung auszahlen und bei der Universitätshauptcasse in Ausgabe verschreiben.

Dresden, am 2. September 1868.

Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts.
Für den Minister.

An
das Universitäts-Rentamt
zu Leipzig.

Dem Director der Pulkowaer Sternwarte zeigte ich in folgendem Schreiben meine Entschliessung in Leipzig zu bleiben an:

Leipzig, d. 28. Juni 1868.

Theuerster Freund!

Endlich bin ich in der Lage, Ihnen mittheilen zu können, was mir das Ministerium auf die Anzeige einer eventuellen Berufung nach Pulkowa eröffnet hat. Gestern erhielt ich das betreffende Schreiben und wurde durch die in demselben ausgesprochene Bereitwilligkeit, mich durch Erhöhung meines Gehaltes und die Gewährung von besonderen Mitteln zur erfolgreichen Fortsetzung meiner bisherigen Untersuchungen sowie zur Ausdehnung derselben auf Spectralanalyse der Gestirne an Leipzig zu

fesseln, nicht weniger überrascht als durch den Inhalt Ihres ersten lieben Briefes. Ich war auf eine derartige Antwort um so weniger gefasst, weil erst 3 Jahre seit meiner Habilitation verflossen sind und mir bei meiner Anstellung und Besoldung als ausserordentlicher Professor im Herbst 1866 ausdrücklich zur Bedingung gemacht worden war, mathematische Vorlesungen zu halten, da man die Astrophysik lediglich als eine Specialität betrachten müsse, zu deren Förderung das Ministerium keine besonderen Mittel aussetzen könne. Für den Fall einer Ablehnung des an mich ergangenen Rufes erklärt sich das Ministerium in dem oben erwähnten Schreiben bereit, mir meinen Gehalt zunächst um $^3/_5$ seines bisherigen Betrages zu erhöhen, mit der Aussicht, diese Erhöhung in nächster Zeit auf das Doppelte gesteigert zu sehen, alle zur Spectralanalyse der Gestirne erforderlichen Instrumente anzuschaffen und jährlich eine bestimmte Summe zur Erhaltung und Vervollständigung dieser Instrumente auszusetzen, sowie die zur Aufstellung der Instrumente erforderlichen Räumlichkeiten zu meiner Disposition zu stellen.

Ich hatte mich mit dem Gedanken nach Pulkowa zu gehen bereits so vertraut gemacht, dass es erst einiger Zeit bedurfte, mir die Tragweite der gemachten Offerten, namentlich in wissenschaftlicher Beziehung, in ihrer ganzen Bedeutung zu vergegenwärtigen. Wenn einmal das Ministerium die Mittel zur Anschaffung der Instrumente für Spectralanalyse und eine jährliche Summe von zunächst 150 Thalern zu deren Vervollständigung und Erhaltung aussetzt, so giebt es hierdurch unzweifelhaft seine Bereitwilligkeit zu erkennen, die Astrophysik zu fördern, und es ist nach dem Urtheil aller meiner Collegen, denen die Verhältnisse im Ministerium genauer als mir bekannt sind, nicht daran zu zweifeln, dass jene Summe erforderlichen Falls jederzeit erhöht werden kann.

Von den Annehmlichkeiten, welche mir der Aufenthalt in Leipzig, die akademische Lehrthätigkeit und die grosse Nähe meiner Familie gewähren, will ich schweigen, da ich mich trotz aller dieser Umstände wissenschaftlich für verpflichtet gehalten hätte, einem so ehrenvollen Anerbieten, wie dem von Ihnen an mich gerichteten, unverzüglich Folge zu leisten, wenn mir nicht durch Gewährung entsprechender Mittel die Möglichkeit geboten worden wäre, in meinem Vaterlande die Astrophysik in ihrem ganzem Umfange erfolgreich zu cultiviren.

Ich bedaure es aufrichtig, dass es mir durch die grosse Entfernung Pulkowa's gerade unter den gegenwärtigen Verhältnissen versagt ist, mich mündlich gegen Sie auszusprechen. Einerseits ist es das Gefühl der aufrichtigsten Dankbarkeit, welches mich Ihnen gegenüber beseelt, andrerseits der lebhafte Wunsch, durch mündliche Auseinandersetzungen etwaige Missverständnisse zu beseitigen, welche geeignet sein könnten, Ihr mir bisher in so reichem Maasse bewiesenes freundschaftliches Vertrauen in irgend welcher Beziehung zu trüben.

Sollten Sie der Ansicht sein, dass meine persönliche Anwesenheit in Pulkowa zum Entwurf von Plänen für astrophysikalische Untersuchungen

und zur Anleitung in photometrischen Beobachtungen von Nutzen sein könnte, so würde ich mit Freuden bereit sein, mich in den grossen Ferien für diese Zwecke ganz zu Ihrer Verfügung zu stellen.

Hoffentlich erfreuen Sie recht bald durch einige Zeilen

Ihren

getreuen

F. Zöllner.

Ich erhielt auf diesen Brief umgehend eine sehr freundliche Einladung, den vorgeschlagenen Besuch in Pulkowa auszuführen und erinnere mich noch heute in aufrichtiger Dankbarkeit sowohl der mehrwöchentlichen Gastfreundschaft meines liebenswürdigen Wirthes Otto v. Struve, als der mannigfachen wissenschaftlichen Anregungen, welche ich durch den Einblick in die Organisation und glänzende Ausstattung des grossartigen und von der russischen Regierung in liberalster Weise ausgestatteten Observatoriums erhielt.

Noch während meiner Vorbereitungen zur Abreise von Leipzig nach Petersburg gelangte gänzlich unerwartet das folgende Schreiben von Professor W. Beetz in Erlangen an mich. Derselbe ist gegenwärtig Professor der Physik an der technischen Hochschule in München und wegen seiner hohen Verdienste um die Förderung der Physik vor Kurzem vom König von Bayern in den Adelstand erhoben worden.

Erlangen, 2. August 1868.

Hochgeehrter Herr College!

In der Voraussetzung, dass sich mein Lehrstuhl in Kurzem erledigen wird, hat unsere Facultät beschlossen, Sie *primo loco* für dessen Wiederbesetzung in Vorschlag zu bringen. Sie werden begreifen, verehrter Herr College, welchen Werth es für mich haben muss, das Institut, das ich in 10 Jahren unter meinen Händen habe aufwachsen sehen, dem rechten Manne übergeben zu dürfen, und deshalb begreifen Sie ebensowohl meine lebhafte Freude darüber, dass die Facultät ihr Auge auf Sie gerichtet hat. Die Angelegenheit kommt nun vor den Senat, wo ich sie als Decan zu vertreten habe, und da würden Sie mir die Sache sehr erleichtern, wenn Sie mir mit ein paar Worten erklärten, dass wir mit einiger Gewissheit auf Ihre Zusage rechnen dürfen. Es versteht sich von selbst, dass Sie unter obwaltenden Umständen keine absolut bindende Zusage geben können, denn es könnten von Seiten der Sächsischen, oder auch einer anderen Regierung Schritte geschehen, die Sie zurückhielten. Aber ich möchte dem Senate nicht gegenübertreten, ohne sagen zu können, ich weiss aus directer Mittheilung, dass Hr. Zöllner geneigt ist, unseren Ruf an-

zunehmen. In diesem Falle stehen Ihnen im Senat keinerlei Schwierigkeiten entgegen. Was das Ministerium betrifft, so haben wir stets mit bayerischem Particularismus zu kämpfen, ich habe mir aber in dem Berichte über Sie eine kleine Unklarheit erlaubt, indem ich Ihren Geburtsort ganz verschwiegen und Ihren Lebenslauf erst in Basel begonnen habe. Ausserdem haben Sie ja Ihren Berolinismus in Sachsen etwas abgewaschen, wie ich den meinigen in der Schweiz und in Bayern, und so fürchte ich auch von der Regierung her keinen Widerstand. Nur freilich ist es für uns von der höchsten Wichtigkeit, den Lehrstuhl gleich in diesem Winter besetzt zu sehen, und darum möchten wir auch gleich so mit unseren Anträgen vortreten, dass man uns gar nichts einzuwenden weiss.

Ich bemerke noch, dass der für Sie eingesetzte Gehalt 1800 fl. beträgt. Was die Wirksamkeit, die Sie erwartet, betrifft, so will ich Ihnen meine Erfahrungen mittheilen. Ich bin trotz aller Ueberlegungen dabei geblieben, die Experimentalphysik nur in einem Semester zu lesen. Sie genügt so vollkommen den Pharmaceuten und den Studirenden verschiedener Facultäten, die nicht wohl die Zeit für 2 Semester finden können, oder denen schwerlich die Vorlesungsstunden beider Semester passen. Sie genügt dagegen nicht für die Mediciner und Naturforscher. Das medicinische Admissionsexamen lässt sich ganz gut daraus machen, und wenn mich nun die Erfahrung gelehrt hätte, dass die Mediciner dann genug für sich haben, so würde ich sie durch eine 2 semestrige Vorlesung doch zu mehr genöthigt haben. Das ist aber nicht der Fall. Erfahrungsmässig haben alle Mediciner meine Specialcollegen gehört, die ich freilich immer mit ganz besonderer Rücksicht auf Physiologie, Therapie u. s. w. gelesen habe. Bei Ihrer Neigung zu physiologischen Dingen werden Sie Sich gewiss auch in dieser Weise der Mediciner annehmen, und darin bestand bisher die grösste Wirksamkeit des Physikers. Das höchst angenehme Verhältniss zu den medicinischen Collegen erleichtert Einem die Arbeit sehr. Specialstudenten waren bisher selten, einige sehr tüchtige habe ich wohl gehabt, aber es sind eigentlich nur Ausländer; Bayern treiben sehr wenig Physik. Das kann nun vielleicht anders werden, denn der alte Staudt konnte in den letzten Lebensjahren natürlich nicht mehr mitwirken, während Sie jetzt eine frische Kraft neben sich haben, die Ihnen in die Hände arbeitet. Wenn es Ihnen dann gelingt (was freilich dem Physiker schwer wird) Sich nicht so mit Nebenämtern bepacken zu lassen, wie sie auf mir lasten, so behalten Sie eine schöne Arbeitszeit frei. Das Cabinet hat 700 fl. Etat (neben Beheitzung, Beleuchtung und Bedienung) und ich hoffe, Sie werden mein Geschäft fortsetzen, den Leuten klar zu machen, dass das noch immer zu wenig ist.

Ich erwarte recht bald Ihre gefällige Antwort und bin mit

vollkommener Hochachtung der Ihrige

W. Beetz.

Ich befand mich diesem Schreiben gegenüber in einer eigenthümlichen Lage. Wäre ich ein jüdischer Professor gewesen, wie z. B. der Professor der Mathematik Leo Königsberger in Wien, früher an der technischen Hochschule zu Dresden, oder ein Judengenosse mit den Charaktereigenschaften des Professor Theodor Mommsen in Berlin, so wäre ich ja dem Cultusministerium in Dresden gegenüber nicht einen Augenblick über die materielle Ausbeutung dieses für mich glänzenden Rufes im Zweifel gewesen, um so mehr, als ich mir sagen musste, dass, so lange lediglich das nationalökonomische Princip von Angebot und Nachfrage für die materielle Stellung deutscher Professoren massgebend ist, ich auf fernere Verbesserung meiner Lage verzichten musste, falls sich bei fortgesetzter Ablehnung von Berufungen sowohl beim Ministerium als bei meinen auswärtigen Collegen die Ueberzeugung befestigte, ich würde überhaupt niemals Leipzig verlassen und sei daher, nationalökonomisch betrachtet, eine „billige Waare". Indessen habe ich mich durch solche, von semitischem Schachergeiste geleitete, Reflexionen niemals in meinen Handlungen dem Sächsischen Cultusministerium gegenüber bestimmen lassen, sondern ich habe stets berücksichtigt, dass die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit von Umständen abhängt, die sich nicht durch Geld und glänzende Institute erkaufen und verbessern lassen. Abgesehen von diesen allgemeinen Erwägungen hatte ich aber auch einen sehr hohen Begriff von meiner Berufsehre als deutscher Professor und schämte mich, dass einst ein deutscher Fürst, König Ernst August von Hannover, im Hinblick auf den internationalen Charakter des deutschen Professorenthumes, die Behauptung aussprechen konnte, welche Alexander von Humboldt in einem Briefe[1]) an Varnhagen vom 6. April 1842 in folgenden Worten wiedergiebt:

„Professoren haben gar kein Vaterland; Professoren, Huren (der Deutlichkeit wegen setzte er hinzu *des putaines*) und Tänzerinnen kann

---

[1]) Vgl. Alexander von Humboldt und das Judenthum von Adolph Kohut. 2. Aufl. Leipzig 1871. S. 26.

man überall für Geld haben, sie gehen dahin, wo man ihnen einige Groschen mehr bietet".

Ich setzte demgemäss das Cultusministerium einfach von der Thatsache meines Rufes nach Erlangen in Kenntniss und deutete in meinem Schreiben nur an, dass unter diesen Umständen das ursprünglich von mir geforderte Gehalt von 1000 Thalern für die Ablehnung des Rufes nach Pulkowa keine unbescheidene Forderung sein würde. Trotzdem das Ministerium nicht in der Lage war, dieser Andeutung praktisch Folge zu leisten, erklärte ich mich bereit, in Leipzig zu bleiben.

Da die in obigem Briefe von Professor von Beetz im Senate der Universität Erlangen, aus Wohlwollen für mich, verbreitete „kleine Unklarheit" über meinen Geburtsort gegenwärtig nicht mehr erforderlich ist, so mag es mir gestattet sein, hier als Ergänzung meiner wissenschaftlichen Laufbahn auch noch einige Lebensumstände aus meiner Berliner Vergangenheit anzuführen.

Ich bin am 8. November 1834 zu Berlin als Aeltester von 12 Geschwistern geboren, von denen noch 7 am Leben sind. Mein Vater Carl Friedrich Zöllner (geb. d. 20. März 1804 zu Berlin, gest. daselbst am 23. März 1853) hatte sich seinen ersten dürftigen Lebensunterhalt als Musterzeichner verdient, da seine Eltern mittellos waren und ihm keine höhere Schulbildung zu Theil werden lassen konnten. „Bete und arbeite!" erwiderte ihm sein Vater auf die Bitte, ihm den Besuch des Gymnasiums zu gestatten. Den hierdurch bedingten Mangel einer höheren Schulbildung wusste indessen mein Vater durch Energie und eisernen Fleiss zu ersetzen. Er war ein grosser Freund der Astronomie, und ich erinnere mich zuerst Mädler's populäre Astronomie in seiner Bibliothek neben Becker's allgemeiner Weltgeschichte, Abhandlungen über Hegel'sche Philosophie und Eckarthausen's religiösen Schriften kennen gelernt zu haben. Sein Vater war Colorist in einer Zeugdruckerei in Berlin und ist vor 23 Jahren daselbst im 84 Lebensjahre gestorben. Einige Jahre vor seinem Tode fragte ich ihn, ob unsere Familie mit dem zu Anfang

des Jahrhunderts in den Humboldt'schen Kreisen und am Preussischen Hofe sehr beliebten Propst Zöllner[1]) verwandt sei. Mein Grossvater konnte mir auf diese Frage keine Auskunft geben, sondern erwähnte nur, dass seine Vorfahren[2]) als arme Weber aus Böhmen nach Berlin gekommen und sich dort niedergelassen hätten.

Im Jahre 1830 begründete mein Vater mit sehr geringen Mitteln eine kleine Zeugdruckerei in Berlin[3]) und erregte durch seinen Fleiss und Erfindungstalent sehr bald die Aufmerksamkeit des um die Blüthe der Gewerbe in Preussen so

---

[1]) Unser Hausarzt, der vor Kurzem im 81. Lebensjahre verstorbene Geh. Sanitätsrath Westphal, nannte meinen zweiten Bruder wegen seiner Aehnlichkeit mit einem Bilde des Propstes Zöllner in der Marienkirche zu Berlin stets den Propst.

In einem Briefe aus Madrid d. d. 11. April 1799 schreibt A. v. Humboldt an David Friedländer in Berlin:

„Machen Sie mein Andenken bei unserem Herz (Mann und Weib), Veits, Biester und Zöllner lebendig und glauben Sie, dass mir in meinem deutschen, ewig theuren, nie fremden Vaterlande wenige Personen so theuer und werth sind als Sie."

(Vgl. Kohut, „Humboldt und das Judenthum." S. 77.)

[2]) Der Vater meiner Mutter C. Muquardt war Besitzer eines grossen und renommirten Colonialwaarengeschäftes in Berlin (Spandauer Str. 11). Derselbe hatte die Tochter des gleichfalls seiner Zeit in Berlin sehr angesehenen Weinhändlers Peter Mitscher zur Frau, dessen Vorfahren aus Trarbach a. d. Mosel stammen. Der Begründer der in Brüssel bestehenden Buchhandlung C. Muquardt ist ein verstorbener Bruder meiner Mutter, während ihr ältester Bruder Dr. Julius Muquardt in Berlin Pharmacie studirte, später an der Pariser Universität sich mit Literaturstudien beschäftigte und nach einer längeren Orientreise, (welche er im Auftrage eines englischen Lords als Begleiter von dessen Söhnen unternommen hatte,) viele Jahre hindurch am französischen Gymnasium zu Boulogne sur mer die Stelle eines Professors der Literaturgeschichte bekleidete. Durch den deutschen Krieg im Jahre 1870 wurde er veranlasst seine Stellung aufzugeben und nach England zu gehen, wo er nebst Frau noch gegenwärtig, 71 Jahr alt, als Privatmann in Tunbridge Wells lebt.

[3]) Die dazu erforderlichen Räumlichkeiten miethete mein Vater von Hrn. Peters (Köpnicker Strasse No. 165), dem Vater des gegenwärtigen Inhabers des „Literarischen Institutes" zu Berlin Hermann Peters. Gegenwärtig sind diese ärmlichen Gebäude, unter denen sich auch mein Geburtshaus befand, verschwunden und haben grossen, stattlichen Bauten Platz gemacht.

hochverdienten Handelsministers Beuth (Begründer des Gewerbe-Institutes und des „Vereins für Gewerbefleiss in Preussen"). Er erhielt hierdurch die Mittel zur Anschaffung einer damals in England von Perrot erfundenen Maschine (Perrotine), welche mechanisch die Manipulationen des Handruckes nachahmt. Die in der angedeuteten Weise mit Hülfe einer Unterstützung aus Staatsmitteln erworbene Perrotine soll die erste derartige Maschine gewesen sein, welche in Deutschland zur Anwendung kam. Die zunehmende Blüthe des Geschäfts verlangte sowohl weitere pecuniäre Hülfsmittel, welche mein Vater nicht besass, als auch eine umsichtige kaufmännische Leitung. Aus diesem Grunde verband sich mein Vater mit einem materiell etwas günstiger gestellten Freunde, Hrn. Emil Toussaint aus Kottbus, welcher später eine Stiefschwester meiner Mutter heirathete und hierdurch die Firma Zöllner und Toussaint nicht nur durch geschäftliche sondern auch durch herzliche Bande der Familie befestigte.

Im Jahre 1846 wurde die früher Wolff'sche Kattundruckerei in Schönweide[1]) in der Nähe des zwei Stunden von Berlin gelegenen Köpenick angekauft, wo ich auf einem kleinen Privatobservatorium meine astrophotometrischen Beobachtungen zu den „Grundzügen einer allgemeinen Photometrie des Himmels" anstellte.

Nachdem ich meine Gymnasialbildung auf dem Köllnischen Realgymnasium zu Berlin unter Direction des Professor E. F. August (von 1848—1855) absolvirt hatte, studirte ich die ersten 4 Semester an der Berliner Universität. Alsdann beabsichtigte ich nach Königsberg zu gehen, um mich unter der berühmten und bewährten Leitung von Professor F. Neumann eingehender mit dem Studium der mathematischen Physik zu befassen. Alle Vorbereitungen zur Abreise waren bereits getroffen, als die Nachricht vom epidemischen Auftreten der Cholera in Königsberg eintraf; sowohl meine Mutter als unser Hausarzt, der vor Kurzem in Berlin

[1]) Die Fabrik ist gegenwärtig wieder durch Kauf in die Hände von Wolff's übergegangen und heisst nach dem Erlöschen der Firma Zöllner und Toussaint „Wolff's Kattundruckerei". —

verstorbene Geheimerath Westphal, legten in Folge dessen ein entschiedenes Veto gegen meine Abreise nach Königsberg ein. Ich war hierdurch genöthigt, meinen mir ursprünglich entworfenen Studienplan zu ändern. Durch die freundliche Theilnahme Mitscherlich's für meine erste wissenschaftliche Arbeit, die ich als Student in Poggendorff's Annalen [1]) veröffentlicht hatte, und durch meinen freundschaftlichen Verkehr im Mitscherlich'schen Hause, war mir dort Gelegenheit geboten worden, die persönliche Bekanntschaft von Professor G. Wiedemann, eines Schwiegersohnes von Mitscherlich, zu machen, der damals seit Kurzem die Professur der Physik an der Universität Basel bekleidete. Dieser Umstand veranlasste mich, anstatt nach Königsberg nach Basel zu gehen, wo ich Ende October 1857 eintraf. Mit dem Gefühle aufrichtiger Dankbarkeit gedenke ich der Freundlichkeit und verständnissvollen Theilnahme, mit welcher mich Prof. Wiedemann bei meinen wissenschaftlichen Bestrebungen unterstützte, und des anregenden Verkehres, dessen ich mich mit andern Gelehrten in Basel zu erfreuen hatte. Bei dem Mathematiker Professor Rudolph Merian [2]), eines Schülers von Poisson, hörte ich als einziger Zuhörer ein Privatissimum über analytische Geometrie und Mechanik und freue mich noch heute über die sorgfältig von meinem hochverehrten Lehrer revidirten und mit seinen Randbemerkungen versehenen Collegienhefte.

Im December des Jahres 1858 promovirte ich in Basel. Die erforderlichen Leistungen bestanden in einer Dissertation [3]), einem dreistündigen Examen über Physik, Chemie, Mathe-

---

[1]) Bd. 100. „Photometrische Untersuchungen".

[2]) Ein Bruder des noch lebenden berühmten Geologen Peter Merian

[3]) „Photometrische Untersuchungen insbesondere über die Lichtentwickelung galvanisch glühender Platindrähte". Basel, 1859. Gedruckt in der Schweighauser'schen Buchdruckerei. Im Buchhandel ist diese kleine 52 Seiten 8° (mit 2 Tafeln) umfassende Schrift nicht erschienen, dagegen auszugsweise in Poggendorff's Annalen, Bd. 109. (1860) S. 244 — 275. Als Widmung trägt meine Dissertation die folgenden Worte: „Herrn G. Wiedemann, Professor der Physik, z. Z. Rector, Herrn R. Merian, Professor der Mathematik in Basel widmet diese Arbeit in dankbarer Liebe der Verfasser".

matik und Philosophie, und einem einstündigen Vortrag in der Aula der Universität. Es wurde die schriftliche Ausarbeitung dieses Vortrages verlangt und das Ablesen desselben nicht als ein Zeichen von Unfähigkeit im freien Vortrage, sondern vielmehr als ein Beweis von Sorgfalt und schuldiger Achtung dem Publicum gegenüber angesehen. Da der Zutritt zur geräumigen Aula im Museum ein öffentlicher war, und man allgemein behauptete, ich sei seit dem Bestehen der Baseler Universität[1]) der erste Berliner, der sich dort nach vorangegangenem Studium den philosophischen Doctorhut hole, so hatte ich mich nicht über einen mangelhaften Besuch meiner ersten öffentlichen Vorlesung zu beklagen. Die „Baseler Nachrichten" v. 30. Dec. 1858 brachten über meine Vorlesung wörtlich den folgenden Bericht:

„—* Basel, 29. Dec. 1858. Während die philologisch-historische Abtheilung unserer philosophischen Facultät noch immer den alten Brauch der lateinischen Doctordisputationen festhält, obwohl dieselben heutzutage kaum mehr etwas anderes zu sein pflegen als mehr oder weniger gut einstudirte Komödien, huldigt die mathematisch-naturwissenschaftliche Abtheilung, wie es sich für wesentlich moderne Wissenschaften geziemt, dem Geist der Zeit und lässt die Doctoranden in deutschem Vortrag ihr wissenschaftliches Glaubensbekenntniss und zugleich eine Probe ihrer wissenschaftlichen Befähigung ablegen. Hr. Dr. Zöllner aus Berlin — beiläufig bemerkt, war es wohl der erste Fall, dass ein Berliner an der Universität Basel studirt und den philosophischen Doctorgrad erlangt hat — entwickelte nach einem Rückblick auf die unvollkommenen Anfänge wissenschaftlicher Erkenntniss bei den alten Griechen und auf die Nacht des Mittelalters, das die Natur aus todten Büchern, anstatt aus der lebendigen Natur, erkennen wollte, oder die Naturforschung, wie die Natur selbst, für etwas geringes, wenn nicht gar für etwas sündliches hielt, die Principien der neueren Naturwissenschaften, wie sie zuerst von Baco verkündet worden: die Reinigung des Geistes von Vorurtheilen, die unbefangene und genaue Beobachtung der Thatsachen, die Zurückführung einer Reihe einzelner Erscheinungen auf ein allgemeines Gesetz, und umgekehrt, die Herleitung der einzelnen Erscheinungen aus allgemeinen Principien, die fortwährende Correktion der Hypothesen und Theorien durch Experiment und Beobachtung, mit einem Worte, die Methode der Induction und Deduction, welcher die Naturwissenschaften ihre staunenswerthen Fortschritte verdanken.

[1]) Gegründet im Jahre 1459 von Papst Pius II.

Hr. Dr. Zöllner vindicirt der Naturwissenschaft die Würde einer philosophischen, ja der einzigen wahrhaft philosophischen Wissenschaft, indem sie allein auf dem richtigen Wege das Wesen der Dinge, die in allem Seienden geoffenbarte Weisheit, zu erkennen strebt. Ein solcher Standpunct war begreiflicherweise weit entfernt, bei allen Zuhörern Beifall zu finden, aber allgemein wurde der Vortrag als ein für die wissenschaftliche Tüchtigkeit und den wissenschaftlichen Eifer des jungen Doctors sehr vortheilhaftes Zeugniss gebender anerkannt. Mögen ihm die schönen Hoffnungen, mit denen er seine Forscherlaufbahn beginnt, in Erfüllung gehen:" —

Nach erfolgter Promotion blieb ich noch über ein Jahr in Basel und trug mich lange mit dem Gedanken, mich dort zu habilitiren. Während dieser Zeit beschäftigte ich mich mit der Anwendung der Photometrie auf astronomische Objecte.

Eine scheinbar sehr zufällige Beobachtung im Eisenbahnwagen auf der Fahrt von Olten nach Basel führte mich auf die Construction meines Astrophotometers. Es war Abends und ein sternklarer Himmel; die an der hinter mir befindlichen Wand des Wagens angebrachte Lampe war zur Beseitigung störender Blendung von anderen Insassen des Wagens mit der zu diesem Zwecke vorhandenen kleinen Gardine verhüllt. Ich sass rückwärts in einer Ecke des Coupées dicht am Fenster und schaute behaglich durch die geschlossene Fensterscheibe auf den sternbesäten Himmel. Da ich über die Constellation der Planeten im Allgemeinen unterrichtet war, und mit Bestimmtheit wusste, dass Mars sich nicht am östlichen Himmel befinden konnte, so erregte ein schöner rother Stern, den ich dort zu sehen glaubte, in so hohem Grade mein Erstaunen, dass ich das Fenster öffnete, um jenen Stern genauer zu beobachten. Indessen war jetzt der rothe Stern verschwunden und kam sofort wieder zum Vorschein, sobald ich den Himmel durch die Glasscheibe des geschlossenen Fensters betrachtete. Hieraus schloss ich, dass ich es mit einem Reflex von Lampenlicht zu thun hatte, und in der That zeigte sich bei genauerer Besichtigung des die Lampe verhüllenden Vorhanges ein kleines Loch in demselben, durch welches Lichtstrahlen in schräger Richtung nach unten auf die Fensterscheibe fielen. Der reflectirte und rückwärts verlängerte Strahl hatte in meinem Auge jenen rothen Stern

erzeugt, dessen relative unveränderliche Lage zu den übrigen Sternen durch die angegebenen Umstände und durch die Abwesenheit von Krümmungen des Bahngeleises zur Zeit meiner Beobachtung bedingt war. Der erste Versuch, welchen ich unmittelbar nach meiner Ankunft in Basel anstellte, bestand darin, dass ich vor die Oeffnung einer Pappröhre eine durchsichtige Glasplatte in einer Neigung von 45° gegen die Axe anbrachte und seitlich in passender Entfernung einen Schirm aufstellte, in welchem ich mit Hülfe einer Stecknadel einige feine Löcher angebracht hatte, die durch eine dahinter gestellte Lampe erleuchtet wurden. Das Fenster meiner Wohnung gestattete mir einen freien Ausblick auf den sternerhellten nördlichen Himmel und so konnte ich mich noch an demselben Abende mit Hülfe jenes improvisirten Apparates von der einfachen Erzeugung künstlicher Sterne überzeugen, denen auch bezüglich ihrer Farbe durch Einschaltung eines schwach blau gefärbten Glases eine so vollkommene Uebereinstimmung des Aussehens mit den wirklichen Sternen ertheilt werden konnte, dass Niemand im Stande war, dieselben von einander zu unterscheiden.

Durch Anwendung des Polarisationsprincipes behufs einer gesetzmässigen Veränderung der Helligkeit der künstlichen Sterne war die Construction meines Astrophotometers im Princip vollendet. Das erste Exemplar desselben wurde nach meinen Angaben und Zeichnungen in Aarau in der rühmlich bekannten optisch-mechanischen Werkstätte von Kern angefertigt. Einige Beobachtungen an Sternen, besonders aber sehr umfassende Prüfungen bezüglich der Genauigkeit des Instrumentes wurden noch in Basel im Laufe des Jahres 1859 ausgeführt und sind in meinen „Grundzügen einer allgemeinen Photometrie des Himmels“ (1861) ausführlich beschrieben. Von Mitscherlich und seinem Schwiegersohne Wiedemann wurde mir nun der Rath ertheilt, mich um eine astronomische Preisaufgabe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien zu bewerben, welche zuerst im Jahre 1854 aufgestellt und, da keine Bewerbungsschriften eingegangen waren, im Jahre 1857 wiederholt worden war. Dieselbe hatte nach dem Almanach der Akademie den folgenden Wortlaut:

„Es sind möglichst zahlreiche und genaue photometrische Bestimmungen von Fixsternen in solcher Anordnung und Ausdehnung zu liefern, dass der heutigen Sternkunde dadurch ein bedeutender Fortschritt erwächst."

Ich kehrte Ende October im Jahre 1859 nach Berlin zurück und hatte die Absicht, noch nachträglich meinen ursprünglichen Plan, nach Königsberg zu gehen, zur Ausführung zu bringen. Da ich alle literarischen und practischen Vorarbeiten zur Bearbeitung der Preisfrage vollendet hatte und es sich nur noch um practische Messungen am Himmel handelte, so hoffte ich die letzteren bei der Bequemlichkeit in der Handhabung meines Astrophotometers an der Königsberger Sternwarte ausführen zu können. Allein auch diesmal traten der beabsichtigten Uebersiedelung nach der Stadt der reinen Vernunft Hindernisse in den Weg, wodurch jedoch die Ausführung meiner photometrischen Messungen am Himmel um so weniger beeinträchtigt wurde, als sich auf der damals noch unserer Familie gehörigen Fabrik in Schönweide in der Nähe Berlins eine sehr passende Gelegenheit zur Einrichtung eines kleinen Privatobservatoriums darbot. Da der Einlieferungstermin der Preisfrage auf den 31. December 1860 festgesetzt war, so stand mir zur Sammlung eines genügenden Beobachtungsmaterials nur der Zeitraum eines Jahres zur Verfügung. Die ersten Beobachtungen an Sternen stellte ich in der Nacht des 2. December 1859, die letzten am 31. October 1860 an. Trotz der für astrophotometrische Beobachtungen sehr ungünstigen Witterung des Jahres 1860 war es mir dennoch möglich gewesen, in 43 Nächten ein Material von 2212 einzelnen Beobachtungen zu sammeln, von denen je 8 combinirt eine Genauigkeit von 1 Procent des photometrisch gemessenen Verhältnisses zweier Sterne lieferten. Unter diesen Umständen hatte sich bei mir die Aussicht, den akademischen Preis zu gewinnen, fast zur festen Ueberzeugung gesteigert, um so mehr, als sich hieran für mich die sichere Aussicht für den Eintritt in eine wissenschaftliche Laufbahn mit akademischer Thätigkeit knüpfte. Mit diesen Hoffnungen sandte ich meine Preisschrift unter Beobachtung der vorgeschriebenen Formen am 19. Dec. 1860 durch die Buchhandlung von Mitscher und Röstell in Berlin an das

Sekretariat der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien ab. Als Motto hatte ich das Wort gewählt, welches Rheticus, ein Schüler und Freund des Copernicus, dem Ptolemaeus zugeschrieben hat:[1])

„*Δεῖ ἐλεύθερον εἶναι τῇ γνώμῃ τὸν μέλλοντα φιλοσοφεῖν.*"

Zu deutsch in freier Uebersetzung:

„Wer sich der Wissenschaft widmen will, muss frei von Vorurtheilen sein."

Ich hatte das Weihnachtsfest in der glücklichsten Stimmung im Kreise meiner Familie in Berlin verlebt, das Herz geschwellt mit kühnen und frohen Erwartungen für die Zukunft. Die Zeit bis zum 31. Mai 1861, an welchem Tage von der Kaiserlichen Akademie in feierlicher Sitzung die Vertheilung der Preise vorgenommen wird, war von mir zu einer längeren Reise nach Belgien, Frankreich, England und Oesterreich bestimmt und der Reiseplan so entworfen, dass ich am 31. Mai 1861 persönlich bei Verkündigung des Urtheils über meine Preisschrift in Wien anwesend sein konnte.

Am zweiten Weihnachtsfeiertage befand ich mich bereits wieder in ländlich stiller Zurückgezogenheit in meinem Studirzimmer in Schönweide und liess meine Blicke über die schneebedeckten Wipfel des Fichtenwaldes schweifen, welcher sich am jenseitigen Ufer der vor meinen Fenstern vorbeifliessenden Spree hinzog. Da hält plötzlich ein Schlitten vor meinem Hause, ein Freund steigt aus und überbringt mir im Auftrage meiner bekümmerten Mutter die Nachricht, dass das recommandirte Packet mit meiner Preisschrift uneröffnet von Wien zurückgekommen sei, mit der Bemerkung, dass der Einsendungstermin beim Eintreffen meiner Schrift bereits abgelaufen war. Zum Beweise übergab mir mein Freund das uneröffnete Couvert, welches auf seiner Rückseite, eigenhändig vom Generalsekretair der Akademie geschrieben, die folgenden Worte trägt:

„Kann nicht mehr angenommen werden, da der Einsendungstermin bereits mit 10. Nov. abgelaufen ist. A. Schrötter."

Wien 22/12 60.

---

[1]) Vgl. Whewell, Geschichte der inductiven Wissenschaften, deutsch von J. J. v. Littrow. Bd. I. S. 391.

Selbstverständlich machte diese Nachricht einen tiefen und zugleich deprimirenden Eindruck auf mich. Wenn ich mich auch bald damit tröstete, dass dieses mir unbegreifliche Versehen, wofür ich selbstverständlich zunächst nur meine eigene Unachtsamkeit verantwortlich machte, dem inneren Werthe meiner Arbeit keinen Abbruch thue, so waren doch plötzlich alle diejenigen Hoffnungen für mich vernichtet, welche ich an eine öffentliche Zuerkennung eines akademischen Preises gleichsam als Eintrittsbillet in die heiligen Hallen der officiellen Wissenschaft geknüpft hatte. Um meine besorgte Mutter zu trösten, fuhr ich trotz der vorgerückten Tageszeit mit meinem Freunde nach Berlin, um am nächsten Tage auf der Königl. Bibliothek im „Almanach der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften" nach der Ursache meines Versehens zu forschen. Wie gross aber war meine Freude, als ich mich überzeugte, dass hier nur ein Versehen von Seiten des Herrn Generalsekretairs der Akademie vorliegen konnte, indem der Einsendungstermin sowohl für die astronomische, als auch für die übrigen naturwissenschaftlichen Preisschriften auf den 31. December festgesetzt war. Ich setzte daher sofort ein Schreiben auf, in welchem ich auf den hier vorliegenden Irrthum hinwies und gleichzeitig erklärte, nicht eher meine Schrift wieder nach Wien senden zu wollen, bevor mir nicht über die Annahme derselben Gewissheit verschafft sei. Dies Schreiben wurde anonym in drei gleichlautenden Exemplaren an den Generalsekretair Schrötter, an den Director der Kaiserl. Sternwarte C. v. Littrow und den Physiologen und Akademiker Prof. Brücke, mit dem ich durch meine physiologisch-optischen Untersuchungen wissenschaftliche Beziehungen hatte, abgesandt.

Bereits am 30. December Mittags 1 Uhr 25 Min. traf folgende Depesche ein:

Buchhandlung Mitscher & Röstell. Berlin, Unter den Linden 16.
Bitte die Preisschrift sogleich einzusenden. Näheres brieflich.
Wien, 30. December 1860.
Schrötter.

Am nächsten Tage wurde durch die folgenden beiden Schreiben die Ursache des Versehens aufgeklärt:

Kaiserliche Akademie der Wissenschaften.

Wien, den 30. December 1860.

An die Buch-, Kunst- und Landkarten-Handlung
Mitscher & Röstell
in
Berlin.

Das geschätzte Schreiben vom 28. d. M. beehre ich mich dahin zu erwiedern, dass die unter dem 19. December d. J. an die kaiserliche Akademie der Wissenschaften eingesendete astronomische Preisschrift wegen eines sehr bedauerlichen Versehens der Kanzlei zurückgeschickt wurde, indem dieselbe für eine Concurrenz-Schrift zu der Schiller-Preisfrage angesehen worden ist, für welche der Einsendungs-Termin bereits mit 10. Nov. erloschen ist.

Selbstverständlich kann durch diesen Umstand der Verfasser obiger Preisschrift keinerlei Benachtheiligung erfahren, und indem man um sofortige Wiedereinsendung der mehrgedachten Concurrenzschrift ersucht, (welches Ansuchen mittlerweile auch auf telegraphischem Wege gestellt wird), fügt man das wiederholte Bedauern bei, dass dieses Missverständniss unterlaufen und verbindet man sich, die Kosten der Hin- und Hersendung zu vergüten.

Fr. Scharler,
Actuar der kais. Akademie der Wissenschaften.

Das zweite Schreiben von dem Director der Sternwarte C. v. Littrow lautet:

Ew. Wohlgeboren!

Auf Ihre geehrte Anzeige von dem Versehen, das mit der fraglichen Preisschrift offenbar durch Verwechslung mit der am 10. Nov. fällig gewesenen Aufgabe über Schiller von der K. Akademie begangen wurde, habe ich mich sofort zu dem Hrn. Generalsekretär begeben und denselben schon mit der schriftlichen Antwort eines zweiten an ihn gerichteten Schreibens beschäftigt gefunden. Auf meinen Rath hat er sich vorgenommen, Sie telegraphisch um unverzügliche Sendung des Manuscriptes zu ersuchen, das jedenfalls als rechtzeitig eingelangt zu gelten haben wird.

Hochachtungsvoll und ergebenst

Littrow.

Wien 30. Dec. 1860.

Herrn Mitscher & Röstell, Buchhändler
zu Berlin.

Nach Empfang der vorstehenden Schreiben liess ich umgehend meine Preisschrift wieder nach Wien senden und trat mit frohen Hoffnungen im Februar meine grosse Reise ins Ausland an. Mein sechswöchentlicher Aufenthalt in Paris

wurde dadurch zu einem wissenschaftlich sehr fruchtbaren, dass ich dort mit dem Freiburger Physiker Professor Johannes Müller zusammentraf, der behufs einer neuen Auflage seines Lehrbuches der Physik (eine Bearbeitung des Pouillet'schen) persönlich mit den hervorragendsten französischen Physikern und Mechanikern in Beziehung trat. Auf diese Weise lernte ich E. Becquerel, Verdet, Silbermann, Duboscq u. A. persönlich kennen und war überrascht von der Gewandtheit des Experimentirens und dem ungeheuren Aufwand von Mitteln, welche man im *Conservatoire des arts et metiers* für unentgeltliche populäre physikalische Vorlesungen aufwandte. Becquerel, dem der berühmte Mechaniker Duboscq persönlich assistirte, experimentirte mit elektrischem Lichte, stellte vor den Augen der Zuhörer grosse Photographien her und erläuterte die Theorie des Fernrohres, indem er den Gang der Strahlen des elektrischen Lichtes durch den Reflex in der mit Kreidestaub erfüllten Luft des Auditoriums sichtbar machte. Ob durch solchen ungeheuren Aufwand für populäre Vorlesungen die Franzosen tiefer in das Verständniss physikalischer Erscheinungen eingeweiht worden sind, als die Deutschen, denen man den Gang der Lichtstrahlen nicht durch Kreidestaub in der Luft, sondern durch Kreidestriche an der Tafel erläuterte, das lässt sich auf dem Wege der Erfahrung und Statistik schwerlich einwurfsfrei nachweisen.

Interessant war es mir, durch einen ganz zufälligen Umstand zu erfahren, in wie weite Kreise bereits vor 20 Jahren der Ruhm unseres grossen Fortschrittsmannes Virchow selbst bei der Bevölkerung von Paris gedrungen war. Auf Empfehlung meines Freundes Edmund Rose,[1]) der damals gerade von einem längeren Aufenthalte aus Paris zurückkehrte, bezog ich im *quartier latin* in der *Rue Monsieur le Prince 39, au quatrième* eine Wohnung, welche von Madame Clérambault, der Tochter eines unter dem Napoleonischen Regiment abgesetzten Advocaten, vermiethet wurde. Es war eine Pension, welche vorzugsweise von jungen deutschen Aerzten frequentirt

[1]) Der oben S. 616 bei meinen physiologisch-optischen Versuchen erwähnte Dr. Edm. Rose.

wurde, und ich erinnere mich noch mit Vergnügen des angenehmen Kreises von jungen Medicinern, in welchem ich damals verkehrte. Als mir Madame Clérambault das für mich bestimmte Zimmer zeigte, sprach ich mein Bedauern über die Beschränktheit desselben aus. *„Monsieur Virchow a logé ici!“* war die kurze, aber für mich hinreichend verständliche Antwort meiner Wirthin. Sie wollte offenbar meine unbescheidenen Ansprüche an den Raum auf das einem deutschen Gelehrten geziemende Maass herabsetzen, indem sie mich daran erinnerte, dass in demselben engen Raume, in welchem ich mich anschickte die nächsten sechs Wochen zuzubringen, bereits einige Jahre vor mir der „berühmte“ Virchow aus Berlin geathmet und in dieser räumlichen Beschränktheit als Berliner Fortschrittsmann geschlafen hatte. Fast wollte ich fragen, ob nicht irgendwo eine eherne Gedenktafel in der Stube eingemauert sei, welche dieses grossartige Ereigniss reisenden Engländern und weiblichen Doctoren der Medicin verkündete, welche später diese heilige Stätte „von ihrem Zauberhauch umwittert“ in weihevoller Stimmung betreten werden.

Uebrigens empfehle ich die obige Begebenheit den fortschrittlichen Berliner Judenblättern zu Reclamen für Professor Virchow bei Wahlagitationen, ähnlich wie derselbe im vorigen Jahre seine Reise nach Kleinasien mit dem Schatten der „uralten Platane des Hyppokrates“ verwerthet hat.[1]) Im zoologischen Garten zu Berlin ist eben heut zu Tage Alles möglich. —

Mein Aufenthalt in London war nur ein kurzer; dennoch wurde mir das Glück zu Theil, mich wenigstens flüchtig mit Hrn. Tyndall in seinem Sprechzimmer in der *Royal Institu-*

---

[1]) Hr. Virchow suchte am 7. Mai 1879 zu Athen durch folgende Phrasen „fünfundsechzig Universitätsprofessoren und Aerzten“ zu imponiren:

„Auch ich konnte, da ich mich einen Monat lang in Kleinasien aufhielt, kaum meine Begierde zügeln, nach der Insel Kos zu reisen und jene uralte Platane aufzusuchen, unter deren Schatten, wie die Geschichte erzählt, unser Aller Lehrer, Hippokrates, einst seine Patienten empfing!“ (Vgl. Bericht über die Virchow-Feier in Athen im Leipziger Tageblatt v. 22. Mai 1879.)

tion zu unterhalten. Wir sprachen auch über Hrn. Helmholtz und einige Vorträge, welche derselbe bereits damals in englischer Sprache in der *Royal Institution* gehalten hatte. Hr. Tyndall schien über diese populäre Concurrenz an der Stätte seines Ruhmes nicht sehr erfreut, denn der Tadel über die mangelhafte Beherrschung der englischen Sprache von Seiten des Herrn Helmholtz erschien mir bei der Liebenswürdigkeit Tyndall's mehr eine Maske dieses Missfallens zu sein, als ein berechtigter Tadel eines „nahe befreundeten" Gelehrten über die Unbeholfenheit des Ausdruckes in einer ihm nicht geläufigen, fremden Sprache.

Endlich war für mich der Tag der ersehnten Rückreise nach Wien angebrochen. Ich fuhr von London direct zur See nach Boulogne sur mer, um dort meinem oben (S. 720) erwähnten Onkel Dr. Julius Muquardt (der damals als Professor der deutschen Literatur am Gymnasium zu Boulogne von der französischen Regierung angestellt war), einen flüchtigen Besuch abzustatten. Am nächsten Tage reiste ich über Paris nach Strassburg und war beglückt, hier gelegentlich wieder die ersten deutschen Volkslieder aus dem Munde der Strassenjugend zu vernehmen. Wer hätte damals gedacht, dass 10 Jahre später Strassburg wieder eine deutsche Stadt sein würde! Nach kurzem Aufenthalte reiste ich von hier über München, Salzburg nach Wien und hatte das Vergnügen, von Salzburg mit einem gemüthlichen Wiener zu reisen, der mich über manche Verhältnisse seiner Vaterstadt in der freundlichsten Weise unterrichtete. Ich fragte ihn u. A. auch nach dem berühmten Director der Wiener Sternwarte C. v. Littrow, der als erster Preisrichter über meine Bewerbungsschrift zu urtheilen hatte, und musste zu meinem nicht geringen Erstaunen hören, dass man in Wien zwar den Vater J. J. v. Littrow hoch schätzte, aber nicht den Sohn und damaligen Director der Kaiserl. Sternwarte. —

Erwartungsvoll umschlich ich am 31. Mai 1861 das Akademiegebäude, in welchem die Preisvertheilung stattfand. Meine schüchterne Bitte um Einlass in den Sitzungssaal wurde von einem Beamten barsch zurückgewiesen, da der Saal überfüllt sei. Mit Begier las ich in den nächsten Tagen die

Zeitungen, in der Hoffnung, eine kurze Notiz über die akademische Festsitzung und den Ausfall der Preisvertheilung zu erfahren. Als jedoch der dritte Tag ohne Erfüllung meiner Erwartung verstrichen war, fasste ich mir ein Herz, machte dem Director der Kaiserlichen Sternwarte Hrn. C. von Littrow einen Besuch und trug ihm schüchtern mein Anliegen vor, mich im Auftrage eines der Bewerber nach dem Ausfall der astronomischen Preisvertheilung zu erkundigen. Mir wurde in der liebenswürdigsten Weise die Auskunft zu Theil, dass, wegen nicht genügender Zahl der photometrisch bestimmten Sterne, der Preis keiner der eingesandten drei Bewerbungsschriften zuerkannt worden sei.

Hr. von Littrow hatte die Güte, mir den Correcturbogen des Commissionsberichtes einzuhändigen, welcher später in den „Berichten der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien Math.-Naturw. Classe 1861" Bd. 43. II S. 713 ff. veröffentlicht wurde. Meine Mitbewerber waren der durch seine Untersuchungen über die Beugungserscheinungen berühmte Professor Schwerd in Speyer, ein naher Freund des verstorbenen Argelander, und der Münchener Akademiker und Mathematiker Professor L. Seidel.

Der erwähnte Bericht a. a. O. lautet wörtlich wie folgt:

Bericht der Commission über die astronomische Preisfrage.

(Aus der Sitzung vom 22. Mai 1861.)

Für die von der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zuerst im Jahre 1854 ausgeschriebene, dann im Jahre 1857 wiederholte Preisaufgabe:

„Es sind möglichst zahlreiche und möglichst genaue photometrische Bestimmungen von Fixsternen in solcher Anordnung und Ausdehnung zu liefern, dass der heutigen Sternkunde dadurch ein bedeutender Fortschritt erwächst"

sind drei Concurrenzarbeiten rechtzeitig eingegangen:

I. Mit dem Motto: *„Δεῖ ἐλευθέριον εἶναι τῇ γνώμῃ τὸν μέλλοντα φιλοσοφεῖν"*.

II. „ „ „ „Ich messe mit scharfem Mass das Licht aller Sterne des Himmels von der glänzendsten Sonne bis zum schwächsten Lichtpunkt".

III. „ „ „ *„Gutta cavat lapidem"*.

Die erste Abhandlung,

mit dem griechischen Motto, trägt den Titel: „Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels“ und lässt daher von vornherein manchen ausser den Bereich der Preisfrage fallenden Inhalt erwarten. Nach einer längeren Einleitung, welche allgemeine, der gestellten Aufgabe ferner liegende Betrachtungen, von mitunter zweifelhafter Begründung enthält, wird eine Reihe von Begriffen: Reizbarkeit des Auges, Intensität u. s. w. definirt, dann eine ziemlich unvollständige Kritik der bisherigen Photometer, endlich die umständliche Beschreibung des Apparates gegeben, den der Verfasser sich ausgedacht, und der im Wesentlichen auf Vergleichung einer constanten, künstlichen Lichtquelle mit Sternen durch polarisirende Vorrichtungen beruht. Der Apparat ist sinnreich angeordnet und bisher in gleich vollkommener Ausführung, so viel den Unterzeichneten bekannt, nirgends vorhanden; es muss jedoch, — selbst abgesehen von der Schwierigkeit und Umständlichkeit der Erzeugung einer beständigen Flamme, und von den Einwendungen, die man vielleicht gegen die Zugrundelegung des Polarisationsprincipes überhaupt machen kann, — hier ausdrücklich hervorgehoben werden, dass gegen die fragliche Vorrichtung in Bezug auf bequeme und sichere Handhabung mancherlei gegründete Bedenken obwalten, wie namentlich die Nothwendigkeit eines Oculares von übergrosser Brennweite, also äusserst schwacher Vergrösserung, so wie das Horizontalstativ, dessen sich der Verfasser nach der Anordnung seines Apparates bedienen muss. Das mit der Vorrichtung verbundene auf circuläre Polarisation basirte Colorimeter ist eine scharfsinnige Beigabe, und wohl der erste Versuch, die hier so wichtige Elimination des Einflusses der Sternfarben vorzunehmen. Für den constanten Lichtpunkt ist eine Gasflamme in zweckmässiger Weise benützt. Die Prüfung des Instrumentes wurde mit Umsicht angestellt und gab im Allgemeinen ganz befriedigende Resultate, wenn gleich auf die individuellen Einflüsse näher einzugehen wäre, als hier geschah. Nach dieser Verification des Instrumentes werden wieder einige der wirklichen Aufgabe fremdere Dinge besprochen, wie: Photometrie der Nebelflecken und Planeten, Ableitung eines Mikrometers aus obigem Apparate etc. Die nun folgenden auf zwanzig Seiten zusammengestellten Ergebnisse von Messungen, die der Verfasser ausgeführt hat und welche die eigentliche Antwort auf die Preisfrage enthalten sollen, umfassen nur 226 Sterne 1. — 6. Grösse. Diese Zahl ist ohne irgend einen bestimmt hervortretenden Plan aus den mit freiem Auge sichtbaren Sternen genommen, und die Helligkeiten sind nicht, wie dies so wünschenswerth gewesen wäre, alle auf die Helligkeit eines bestimmten Sternes bezogen. Der Grund hievon liegt wohl darin, dass der Verfasser in der Absicht, die Untersuchung der Extinction zu umgehen, die Sterne gruppenweise mit einander verglich, so dass in derselben Gruppe nur einander nahe, ziemlich in gleicher und bedeutender Höhe befindliche Sterne vorkommen. Farbenunterschiede endlich sind ganz unberücksichtigt gelassen, das vom Verfasser selbst erdachte Colorimeter ist also nicht in Anwendung gebracht.

Ein Anhang gibt zwar noch auf zwei Seiten colorimetrische Bestimmungen von etwa einem Dutzend Sterne, die aber eben nur als Beispiele dienen können. Den Schluss bilden Darlegungen von Ansichten des Verfassers über die Farbe der Sonne und der Doppelsterne, die allerdings hier wieder als Allotria gelten müssen. Die Methode des Verfassers lieferte ihm übrigens neun vollständige Helligkeitsbestimmungen in je zwei Stunden.

Das Ganze kennzeichnet sich als eine interessante Reihe von Vorversuchen mit neuen Vorrichtungen, entspricht aber den Hauptpunkten der Preisfrage zu wenig, um als genügend gelten zu können. In der That hat der Verfasser wenig mehr als ein Jahr gearbeitet, während über sechs Jahre Zeit gegeben war. Immerhin aber hat die Arbeit in mehrfacher Beziehung unleugbaren Werth.

Die zweite Abhandlnng,

mit dem deutschen Motto, beginnt mit der Beschreibung des gebrauchten Instrumentes, das der Hauptsache nach auf dem Principe der Abblendung, verbunden mit zweckmässiger Aenderung der Brennweite durch eine verschiebbare Collectivlinse beruht, sehr angemessen und bequem ist, besonders aber den grossen Vortheil bietet, sich auf Sterne der verschiedensten Grösse gleich gut anwenden zu lassen. Die Einwendungen, die man gegen das Princip der Abblendung machen kann, scheinen hier behoben. Die Elimination des Hintergrundes wird wie bei dem Steinheil'schen Objectiv-Photometer bewerkstelligt. Wenn man auch im weiteren Verlaufe der Arbeit bei einzelnen Punkten wie §. 16 (Berücksichtigung des ungleichen Lichtverlustes in beiden Fernröhren), §. 20 u. ff. (Bestimmung der Extinctionscoëfficienten', für welchen Zweck zu wenige Beobachtungen benützt sind) nicht von des Verfassers Meinung wäre, so ist doch alles so klar und praktisch angeordnet, dass man den auf diesem Wege überhaupt zu erzielenden Resultaten das Vertrauen nicht entziehen kann. Die Untersuchung über das Gesetz der bisherigen sogenannten „Sterngrössen" ist sehr interessant, wenn gleich nicht eigentlich im Bereiche der Preisfrage liegend und noch besonders in der Beziehung unvollständig, dass Grössenschätzungen verschiedener Beobachter für grosse und kleine Sterne zur Vergleichung beigezogen wurden. Die Verification des Instrumentes ist scharfsinnig angeordnet, einfach und doch völlig genügend, auch in Bezug auf subjective Unterschiede der verschiedenen Beobachter, deren hier im Ganzen sechs thätig waren. Sehr wünschenswerth wäre eine genaue Beschreibung des Registrir-Apparates, dessen der Verfasser in den Zusätzen erwähnt. Die vom Verfasser wirklich abgeleiteten Resultate, also die eigentlich von der Preisfrage geforderten Leistungen beschränken sich leider auf ein paar hundert Sterne (genauer 177 Sterne, wovon 120 von 1. bis 4. 5. Grösse, 57 von 4., 5. bis 9. Grösse) grösstentheils in der Nähe des Nordpoles, übrigens ohne bestimmte Anordnung; es sind indessen darunter und gewiss mit der Absicht, die weiten Grenzen für die Verwendbarkeit dieses Photometers zu zeigen, Sterne von allen Classen der 1. bis 9. Grösse vertreten. Mehrere sind vielfach verglichen, z. B. Capella

mit γ Cassiopejae nahe dreissigmal und ist hierdurch ein sicheres Mittel an die Hand gegeben, die Beobachtungsmethode und die Leistungsfähigkeit des Instrumentes zu erproben. Die daraus hervorgehende Zuverlässigkeit der Messungen ist eine sehr anerkennenswerthe. Die Methode liefert beiläufig sieben vollständige Helligkeits-Bestimmungen in zwei Stunden.

Der Eindruck des Ganzen ist der einer sehr gehaltreichen aber unvollendeten Aufzeichnung, die das hier zu verfolgende Ziel fest im Auge behält, im Allgemeinen nichts, das nicht zur Sache gehört, vorbringt, die aber wesentlicher Ergänzungen und einer Ueberarbeitung bedarf. Von der verfügbar gewesenen Zeit scheint denn auch hier wenig mehr als ein Jahr benützt zu sein. Auf dem vom Verfasser eingeschlagenen Wege wäre übrigens das, was die Aufgabe fordert, vermuthlich sehr wohl zu leisten und mit verhältnissmässig leichter Mühe ein grosser Fortschritt denkbar in der Photometrie des Himmels. Für die mit der Literatur des Gegenstandes bekannten Leser ist der Verfasser unschwer zu errathen, und es wäre allerdings mehr im Sinne solcher Arbeiten gelegen, wenn der Verfasser sich etwas sorgfältiger verborgen zu halten für gut gefunden hätte.

Die dritte Schrift,

mit dem lateinischen Motto, bemüht sich vor allem den Fragepunkt der Preisaufgabe zu verrücken, indem die beiden hier auftretenden Beobachter von der Ansicht ausgehen, dass „einiges nachhaltendes Verdienst den isolirten Bestrebungen am ersten dann zufallen würde, wenn es ihnen gelänge, durch den Nachweis von der Zuverlässigkeit photometrischer Resultate jenen Zeitpunkt näher zu bringen, wo Sternwarten solche Beobachtungen in den Kreis ihrer regelmässigen Thätigkeit gezogen haben werden". Wenn nun der Verfasser weiter den Schluss zieht, es sei der Akademie eigentlich darum zu thun gewesen, möglichst verschiedene Beobachtungsmethoden in's Leben zu rufen, so entspricht er auch dieser von ihm in die Preisfrage gelegten Forderung nicht, da hier eben eine längst bekannte Methode, nämlich das Steinheil'sche Objectiv-Photometer in Anwendung gebracht wird. Die Rechtfertigung aber der Fragestellung, so wie sie lautet, liegt schon in den beiden, namentlich in der zweiten der oben besprochenen Abhandlungen, deren Anlage ganz dazu gemacht war, während der sechs Jahre der Ausschreibung auch durch einen einzelnen Beobachter bedeutende Fortschritte in unserer Kenntniss der Sterngrössen zu erzielen.

Ungeachtet dieser Einleitung aber verfährt der Verfasser der dritten Concurrenzschrift gewissermassen im Sinne der Preisfrage, indem er es wenigstens nicht an einer systematischen Anordnung seiner Bestimmungen fehlen lässt. Zuerst wird ein Netz ziemlich gleich vertheilter Sterne über den Himmel gelegt, nicht nur um in den verschiedenen Gegenden des Firmamentes Vergleichpunkte zu erhalten, sondern auch, um über die Extinctionsconstante sicher zu urtheilen. Zur Herstellung eines „doch etwas ausgedehnten vorläufigen Kataloges von Helligkeiten" werden daran alle nördlichen Sterne bis herab zur 3. 4. Grösse und der grössere Theil der Sterne 4. 3. Grösse geknüpft, und so im Ganzen 208 Sterne in Untersuchung

gezogen. Offenbar bewog erst die wiederholte Ausschreibung des Preises zu fortgesetzter Arbeit, die auch nur in den seither verflossenen drei Jahren bei zu solchem Zwecke glücklicher gewählten Hülfsmitteln mit der angewandten grossen Mühe der geforderten „Ausdehnung" der Bestimmungen leicht hätte mehr entsprechen können. Die Beobachter kämpfen überdies, wie man an mehreren Stellen sieht, mit dem bekannten Nachtheile ihres Instrumentes, dass die Identität eines Sternes oft schwer festzustellen ist, und haben mit örtlichen Hindernissen zu schaffen, die ihre Ausdauer in um so rühmlicheres Licht setzen. Die Methode liefert etwa fünf vollständige Helligkeitsbestimmungen in zwei Stunden. Der Einfluss von Farbenunterschieden auf die Messungen der Helligkeit bleibt ganz unbeachtet, obschon mehrere bedenkliche, gerade der angewandten Methode eigene, dahin gehörende Erscheinungen erwähnt werden. Der Prüfung des Extinctionsgesetzes wird nahe die Hälfte der Abhandlung gewidmet, was bei der Wichtigkeit einer genauen Kenntniss der atmosphärischen Absorption wohl zu rechtfertigen wäre, wenn der grosse Umfang dieser Untersuchung nicht hauptsächlich nur durch verschiedene Prüfungen der erhaltenen Resultate eingenommen würde. Diese Resultate selbst aber sind blos auf dem bekannten, empirischen Wege abgeleitet. Die Untersuchung über die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtungen ist sehr gründlich und in Bezug auf die gebrauchte Methode vielfach lehrreich. Den Schluss der Arbeit bilden interessante aber nicht eigentlich in den Bereich der Preisfrage schlagende Betrachtungen über das Verhältniss der Schätzungen mit freiem Auge zu photometrischen Bestimmungen, über die Summe alles Lichtes der Sterne bis 3. 4. Grösse etc. Einer weiteren Untersuchung, über die Vertheilung der verschiedenen Sterngrössen im Raume fehlt es offenbar noch an den nöthigen Grundlagen. Was hierauf von Veränderlichen gesagt wird, so wie über den Einfluss der Heiterkeit, des Funkelns, des Standes von Barometer und Hygrometer u. s. w., bildet Ausgangspunkte künftiger Arbeiten, ohne die betreffenden Fragen jetzt schon irgend spruchreif zu machen.

Das Ganze trägt unverkennbar den Charakter eines, wenn auch sehr werthvollen Bruchstückes, wie denn der Verfasser, der sich nur eben nicht nennt, aber sonst deutlich zu erkennen giebt, geradezu gesteht, dass er damit eine Fortsetzung seiner bekannten, schönen Arbeiten auf photometrischem Gebiete liefere, die er gelegentlich wieder weiter zu führen gedenke. In theoretischer Beziehung steht diese Abhandlung unter den vorliegenden Concurrenzschriften oben an, entspricht aber den eigentlichen Forderungen der Preisfrage im Allgemeinen eben so wenig als die beiden anderen Elaborate.

Was den wahrscheinlichen Fehler betrifft, welchen die Verfasser der drei Concurrenzschriften für ihre Helligkeitsmessungen finden, so beträgt derselbe bei Abhandlung I und II 2.5—3.5, bei III 5.8 Proc. der Helligkeit, wie dies aus Mitteln mehrerer Bestimmungen folgt, deren jede wieder auf mehreren einzelnen Beobachtungen beruht. Vergleicht man aber die Helligkeit

keit von Sternen, welche in sämmtlichen Abhandlungen gemessen sind, unter einander, so scheinen die hierbei hervortretenden Unterschiede bisher unbekannte, theils in subjectiven Auffassungen, theils in den Apparaten liegende Fehlerquellen und eine weit geringere Präcision als die obige anzudeuten.

Alle drei Abhandlungen sind übrigens so bedeutend, in so vielfacher Beziehung neu und instructiv, dass man die Publication des wesentlichen Inhaltes derselben sehr wünschen muss. Die Aenderungen, welche für solchen Zweck im Umfange und in der Fassung der Manuscripte vorzunehmen wären, würden gewiss den Autoren selbst nöthig erscheinen, sobald sie an die Bekanntmachung ihrer Arbeiten gingen.

Aus dem Obigen geht hervor, dass nach dem Dafürhalten der Unterzeichneten keine der drei Abhandlungen mit dem Preise zu betheilen sei; hingegen stellen die Unterzeichneten den Antrag, dass allen drei Verfassern anheimgegeben werde, ob sie ihre Arbeiten nach den hiezu nöthigen mit der Akademie zu vereinbarenden Redactionen auf Kosten der Akademie und gegen das übliche Honorar in Druck gelegt sehen wollen. In diesem Falle würde jeder der Concurrenten, der auf diesen Vorschlag eingeht, seinen Namen zu nennen und die so gedruckten Abhandlungen auf dem Titel die Bemerkung „von der kaiserl. Akademie publicirt" zu tragen haben.

Wien, den 15. Mai 1861.

Kreil, Stampfer, Koller, Littrow, Hornstein.

„Die mathem.-naturw. Classe hat in ihrer Sitzung am 28. Mai den obigen Beschluss einstimmig genehmigt."

Ich lehnte die hohe Ehre dieses akademischen Präge-Stempels ab, forderte in ebenso höflicher als bestimmter Weise mein Manuscript am nächsten Tage von Herrn Generalsekretär Schrötter zurück, und liess meine Schrift bei Mitscher und Röstell in Berlin 1861 erscheinen.[1]) Die in dem der Akademie übersandten Manuscripte enthaltenen „Allotria" bezogen sich u. A. auch auf die Entwickelungsgeschichte der Weltkörper, die ich 4 Jahre später wörtlich in meinen „Photometrischen Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper" (Leipzig 1865) zum Abdruck brachte.

Im übrigen enthält meine Schrift: „Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels" den unveränderten

[1]) Später ist der Rest der vorhandenen Exemplare käuflich von der Firma W. Engelmann erworben worden.

Abdruck des Manuscriptes in derjenigen Form, wie es der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien übersandt worden war. In der Vorrede ist dies von mir ausdrücklich in folgenden Worten erklärt:

„Bis auf das veränderte Vorwort und die den Kupfertafeln vorausgeschickten Erläuterungen war ich daher genöthigt, alles unverändert zu lassen, was mich für die aphoristische Behandlung mancher, der eigentlichen Frage ferner liegenden, Gegenstände entschuldigen mag."

Der Ausfall der Preisvertheilung war weniger dadurch für mich deprimirend, dass hierdurch mannigfache Hoffnungen und glückliche Aussichten vereitelt wurden, als durch die Zerstörung der Illusion von der intellectuellen Ueberlegenheit der officiellen Vertreter der Wissenschaft. Sowohl der Inhalt des Commissionsberichtes als die Unterredung mit Hrn. von Littrow verschafften mir die zuversichtliche Ueberzeugung, dass ich selber über die Dinge, um welche es sich handelt, viel besser unterrichtet sei, als meine Preisrichter. Es war mir unter diesen Umständen der freundschaftliche Gedankenaustausch mit dem geistvollen Physiologen E. Brücke ein überaus wohlthuender, so dass ich ihm heut nach 20 Jahren noch meinen herzlichen Dank für die freundliche Aufnahme ausspreche, welche er mir in seiner Familie zu Theil werden liess.

Ich hatte mein Astrophotometer sorgfältig verpackt in Berlin zurückgelassen, um dasselbe nach erfolgter Verkündigung des Urtheils der Preisrichter nach Wien kommen zu lassen und den Akademikern zur Besichtigung und Prüfung zur Verfügung zu stellen. Da jedoch dieses Anerbieten freundlich dankend mit der Bemerkung abgelehnt wurde, ich solle mir doch nicht noch weitere Unkosten in dieser Sache bereiten, so packte ich sofort meine Sachen und reiste am andern Tage ohne Aufenthalt direct nach Bonn, in der Hoffnung, bei dem Director der dortigen Sternwarte Argelander, trotz seiner Eingenommenheit für das Photometer seines Freundes Schwerd, ein wissenschaftlich tieferes Verständniss für meine Bestrebungen als bei den Wiener Akademikern zu finden. Meine Hoffnung hatte mich nicht getäuscht.

Ermüdet von der langen Eisenbahnfahrt stieg ich im Hôtel Kley ab und erfrischte mich an dem herrlichen Aus-

blick auf das Siebengebirge in der schön gelegenen Veranda am Gestade Rheins. Am andern Morgen setzte ich ein Schreiben an Argelander auf, welches ich dem schön eingebundenen Manuscripte meiner Preisschrift für den Fall seiner Abwesenheit beifügte. In der That traf ich Argelander nicht an; aber bereits am Nachmittage desselben Tages erfreute er mich mit seinem Besuche in meinem Hôtel. Da ich zum ersten Male die herzgewinnende Persönlichkeit des alten Argelander kennen lernte und bei ihm ein so aufrichtiges und verständnissvolles Entgegenkommen für meine wissenschaftlichen Bestrebungen fand, so wird mir die Erinnerung an jene Stunde unvergesslich sein; sie glich einem freundlichen Sonnenblick nach trüben, unfreundlichen Tagen.

Ich liess mir auf Wunsch Argelander's umgehend mein Astrophotometer von Berlin nach Bonn kommen; Herr Dr. Krüger,[1]) der damals erster Assistent Argelander's war und später dessen Schwiegersohn wurde, war mir in freundlicher Weise bei den Demonstrationen meines Photometers behülflich und bat mich, dasselbe längere Zeit der Bonner Sternwarte behufs näherer Prüfung zur Verfügung zu stellen. Mit Freuden entsprach ich dieser Bitte und erhielt nach einigen Wochen den folgenden Brief Argelander's über die in meiner Preisschrift enthaltenen photometrischen Beobachtungen des veränderlichen Sternes β Lyrae:

Bonn, den 17. Juli 1861.

Hochgeehrter Herr Doctor!

Vor einigen Tagen habe ich endlich Zeit gefunden, einige Rechnungen über Ihre Beobachtungen von β Lyrae anzustellen. Dabei bin ich von der Voraussetzung ausgegangen, dass meine Lichttabelle für β Lyrae bis auf unmerkliche Kleinigkeiten richtig sei, insofern sie in meinen Lichtstufen ausgedrückt ist, und dass sie daher ein Mittel abgeben müsse, den wahren Werth dieser Lichtstufen durch Ihre quantitativen Helligkeitsmessungen festzustellen. Eine vorläufige Vergleichung einiger correspondirenden Werthe gab mir nun die Ueberzeugung, dass meine Lichtstufen sehr nahe in einer geometrischen Reihe fortgehn, und dass ich daher ihre Ordnungszahlen direct mit den Logarithmen Ihres Helligkeitsquotienten vergleichen könnte; ich habe daher diese Vergleichungen sowohl von β Lyrae selbst, als von

[1]) Gegenwärtig Director der Königl. Sternwarte in Kiel.

ζ Lyrae und o, θ, ξ Herculis angestellt, und theile Ihnen das Resultat in der folgenden Tabelle mit, wo die erste Columne die Ordnungsnummer Ihrer Beobachtungen, resp. den Namen des Sternes enthält, die zweite die Logarithmen Ihrer Grösse, die dritte meine entsprechende Stufe, endlich die vierte die von demselben übrigbleibenden Fehler in Einheiten der dritten Stelle, wenn ich ihn mit der unten folgenden Formel vergleiche.

15	0,0170	12,4	—54	ξ	9,8456	10,3	+43
9	0,0082	12,3	—49	22	9,8375	10,0	+40
18	0,0052	12,35	—44	4	9,8315	7,9	—28
21	9,9790	10,95	—67	3	9,8256	8,8	+10
13	9,9632	11,85	—20	2	9,8044	9,7	+63
7	9,9543	12,2	+ 2	θ	9,7866	9,0	+56
16	9,9525	12,1	— 1	5	9,7737	8,2	+42
6	9,9501	12,2	+ 6	o	9,7680	7,6	+25
11	9,9311	10,95	—19	20	9,7202	4,4	—40
14	9,9094	10,55	—12	12	9,6926	3,9	—30
8	9,9043	11,4	+23	19	9,6798	3,95	—16
10	9,8902	10,8	+16	ξ	9,6645	3,4	—21
1	9,8810	11,5	+50	17	9,6376	3,95	+26

Die Methode des kleinsten Quadrates gab nun als wahrscheinlichste Formel

$$9{,}8673 + 0{,}03534\ (\text{Stufe} - 9{,}7)$$

Der W.-F. einer Vergleichung folgt hieraus $\pm 0{,}02516$, was 5,8% der geschätzten Grösse entspricht. Die übrigbleibenden Fehler zeigten nun aber noch einen so auffallenden Gang, dass ich glaubte, durch Einführung eines von dem Quadrat des Stufenunterschiedes abhängenden Gliedes eine bedeutend bessere Uebereinstimmung erzielen zu können, ein Glied, das sich durch die Annahme rechtfertigen liesse, dass ich die Stufen bei verschiedenen Helligkeiten verschieden weit schätzte. Die Formel, die diese Annahme gab, war

$$9{,}8467 + 0{,}04435\ (\text{St.} - 9{,}7) + 0{,}007665\ (\text{St.} - 9{,}7)^2$$

Sie zerstört allerdings die Regelmässigkeit in den Zeichen der Fehler ziemlich, aber diese selbst werden doch nur unbedeutend vermindert; der W.-F. kommt nur auf 0,0219 herunter, was 5,04% entspricht, und was sie durchaus unstatthaft macht, ist, dass sie schon bei 1,4 Stufen einen Wendepunkt hat, so dass wir also bei der ersten Formel werden bleiben müssen, und annehmen, dass die Regelmässigkeit in den Zeichen eine zufällige ist. Sie giebt nun folgende, meinen Stufen entsprechende Helligkeiten:

2,7 = 0,4168
4,7 = 0,4905
6,7 = 0,5771
8,7 = 0,6791
10,7 = 0,7992
12,7 = 0,9404

1 St. = 8,5% der Helligkeit, oder wenn 2,5 meiner Grössenclasse entspricht = $^4/_{45}$ Grösse.

Hiernach wären also 5,8 % = 0,7 Stufenclasse, was mir gar nicht unwahrscheinlich scheint; denn wir müssen berücksichtigen, dass gewiss meine Stufen nicht überall vollkommen den gleichen Werth haben, wenn auch bei den vielfachen Kreuzungen grosse Unterschiede nicht existiren werden; es bedarf aber auch keiner sehr grossen, um den Werth auf 0,55 Stufen, den W.-F. meiner Beobachtungen, herunter zu bringen, und ich glaube nicht, dass Sie mit Ihrem kleinen Instrumente einen geringern W.-F. erreichen können, als man bei gehöriger Sorgfalt durch Ocularschätzung zu erreichen im Stande ist.

Um dies direct zu prüfen, habe ich Ihre mitgetheilten Beobachtungen der Helligkeitsverhältnisse $\frac{\varepsilon}{\delta}$ Persei, $\frac{\delta}{\gamma}$ Cass., $\frac{\varepsilon}{\gamma}$ Cass., $\frac{\beta}{\theta}$ Aurig., $\frac{\pi}{\omega}$ Persei berechnet. Die Vergleichungen von $\zeta\,\varrho$ Persei und α Cass. habe ich natürlich nicht berücksichtigt, weil diese Sterne veränderlich sind, ebensowenig die der Bären- und Delphinsterne, weil immer nur 2 Beobachtungen vorhanden sind, und die Beobachtung $\frac{\varepsilon}{\gamma}$ Cass. 1860 Sept. 9 habe ich ausgeschlossen. Ich finde den W.-F. der Logarithmen $= \pm 0{,}0274 = 6{,}3\,\%$, oder wenn ich $\frac{\pi}{\omega}$ Persei ausschliesse, $\pm 0{,}0209 = 4{,}8\,\%$. Ich glaube aber nicht, dass bei einem der Sterne π oder ω Persei eine Veränderlichkeit anzunehmen ist, da für dieses Sternpaar auch die Beobachtungen desselben Tages so grosse W.-F. ergeben.

Nach allem diesem komme ich zu der Ueberzeugung, dass Sie die Vergrösserung Ihres Instrumentes verstärken müssen, um genauere Resultate zu erhalten, als man mit blossen Augen erreichen kann, und dann würde ich zur Prüfung eine recht sorgfältige Reihe von wenigstens 100 Beobachtungen eines recht regelmässigen Veränderlichen vorschlagen, etwa δ Cephei, wenn die Vergrösserung nicht so stark ist, dass man die einzelnen Sterne dieses dupl. IV. Cl. getrennt sieht. Wenn Sie dann aus diesen Beobachtungen die Lichtcurve bestimmten und damit die einzelnen Bestimmungen vergleichen, würden Sie zu einem zuverlässigen Resultate über die Sicherheit Ihrer Beobachtungen gelangen.

Wir haben Ihr Instrument seit Ihrer Abreise noch nicht anwenden können; es ist noch keinen Tag ganz klar gewesen, und die einzelnen klaren Stunden haben wir für andere Beobachtungen gebraucht, Krüger namentlich für den Cometen.

Krüger grüsst bestens, und ich zeichne mich mit aufrichtiger Hochachtung und Freundschaft als

Ihr

ganz ergebener

Fr. Argelander.

Bald nach dem Erscheinen meiner Preisschrift wurde derselben eine sehr anerkennende anonyme Kritik in den „Astronomischen Nachrichten“ (No. 1342. Altona 1861. Dec. 23) zu Theil. Ich erfuhr später, dass dieselbe von dem leider der Wissenschaft zu früh durch den Tod entrissenen Dr. Pape verfasst sei, einem Schwiegersohne des damaligen Directors der Sternwarte zu Altona und Herausgebers der „Astronomischen Nachrichten“ Prof. C. A. F. Peters.[1]) Ich lasse hier den wörtlichen Abdruck dieser Kritik folgen, weil dieselbe zu einer interessanten Vergleichung mit dem oben von der Wiener Akademie veröffentlichten Urtheile Gelegenheit giebt.

Literarische Anzeige.

(Astronomische Nachrichten No. 1342.)

Zöllner, J. C. F. „Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels“. Berlin (Mitscher & Röstell) 1861.

Die vorliegende, in hohem Grade anregende, Schrift ist ursprünglich als eine Beantwortung der von der Wiener Akademie im Jahre 1857 über diesen Gegenstand aufgestellten Preisfrage eingesandt. Die Wiener Akademie erkannte weder dieser noch zwei andern Schriften den Preis zu; bei der vorliegenden Schrift vorzugsweise wegen zu geringer Zahl von Beobachtungen und nicht ohne Anerkennung des der Preisfrage ferner Liegenden, übrigens wesentlich Neuen und Anregenden, welches sie enthält. Diese Anerkennung verdient aber die Schrift in der That; verfolgen wir nur ihren Inhalt.

Nach einer interessanten Auseinandersetzung über die physiologischen Grundlagen der Photometrie gelangt der Verfasser nach kurzer Kritik der bisher praktisch verwandten Photometer von Herschel und Steinheil zur Beschreibung eines von ihm ersonnenen, sehr sinnreichen Apparates. Derselbe setzt eine durch Gas erzeugte für kurze Zeit constante Lichtquelle voraus, und sein Princip beruht auf der geradlinigen Polarisation durch Nicol'sche Prismen und der Intensitäts-Aenderung nach dem bekannten $\cos^2$ Gesetz. Ein horizontal und vertical bewegliches Fernrohr, dessen Horizontalachse durchbohrt ist, ist mit einem Gasbrenner auf demselben Stativ fest verbunden. Das durch eine Blende mit feiner Oeffnung verschlossene, dem Fernrohr entgegengesetzte Ende der Horizontalachse ist der Gasflamme zugekehrt, die also ihr Licht durch die durchbohrte Achse sendet. Dasselbe trifft im Fernrohre auf eine unter 45° geneigte Glasplatte, von der es durch das Ocular ins Auge des Beobachters gelangt.

---

[1]) Starb vor einigen Jahren als Director der neuen Sternwarte zu Kiel. Zu seinem Nachfolger ist der oben erwähnte Schwiegersohn Argelander's, Hr. Prof. A. Krüger erwählt worden.

Letzterer sieht dann einen in der Mitte des Gesichtsfeldes schwebenden, unbeweglichen, sehr intensiven Stern.

Die von der Gasflamme ausgehenden Strahlen treffen nun auf ihrem Wege durch die Horizontalaxe drei Nicol'sche Prismen, von denen das dritte fest mit dem Fernrohr verbunden ist. Die beiden vordern lassen sich gemeinschaftlich um ihre Axe, die Horizontalaxe, drehen; diese Drehung verursacht die Aenderung der Intensität des künstlichen Sterns vom Maximum bis zu Null nach dem bekannten Gesetz und ihr Betrag lässt sich an einem getheilten Kreise ablesen.

Wie man leicht sieht, wird durch diesen Apparat auch die Elimination des Himmelsgrundes vollständig erreicht, indem der künstliche Stern auf denselben Himmelsgrund projicirt wird, auf dem die zu vergleichenden Sterne sich befinden.

Durch eine vortreffliche Einrichtung hat der Verfasser seinen Apparat zugleich zu einem farbenmessenden gemacht und durch Einführung dieser Verbesserung sich ein wesentliches Verdienst erworben. Er hat nämlich zwischen die beiden vordern Nicols eine senkrecht zur Axe geschliffene Bergcrystallplatte eingefügt, und benutzt die durch circulare Polarisation erzeugten Farbenänderungen, um mittelst messbarer Drehung des ersten Nicols seinem künstlichen Stern dieselbe Farbe zu geben, welche der zu vergleichende Stern besitzt.

Mit diesem Apparat hat der Verfasser zunächst eine Reihe von Messungen künstlicher Sterne angestellt, sowohl zur Prüfung der Einrichtung und z. B. zur Elimination der Färbung des angewandten Objectivs, als auch zur Ermittelung der Sicherheit der Messungen selbst. Ausserdem ist der Schrift eine Reihe von Vergleichungen der Intensitäten von über 200 Sternen beigefügt, die der Verfasser aus seinen Beobachtungen abgeleitet hat.

In Betreff des Verfahrens, welches der Verfasser bei den Sternmessungen angewandt wünscht, liessen sich wohl Bedenken erheben. Herr Dr. Zöllner ist der Meinung, dass man nur die relativen Intensitäten jedes einzelnen Beobachtungsabends für sich benutzen dürfe, indem man *a priori* die Helligkeiten aller Sterne als variabel betrachten müsse. Die letztere Ansicht wird man im Allgemeinen nicht bestreiten, allein die aus ihr abgeleiteten Folgerungen des Verfassers würden allen unsern bisherigen Kenntnissen über die Veränderlichen, deren Variationen aus der Vergleichung mit nahezu Unveränderlichen erkannt sind, den Boden rauben. In diesem Punkte, also in der Art der Verwendung der Beobachtungen, würde das Verfahren des Herrn Dr. Zöllner wohl eine Modification erleiden dürfen und zum Vortheil der Sache durch Hinzuziehung einer grössern Zahl von „Fundamental-Vergleichsternen“ auch erleiden müssen. —

Durch die vorstehende „Literarische Anzeige“ wurde die Aufmerksamkeit von Prof. Bruhns in Leipzig auf mein Photometer gelenkt, gegen welches derselbe in Folge oberflächlicher mündlicher Berichte und in Ermangelung eines eigenen Ur-

theils anfangs eingenommen war. Ausserdem hatte mich auch der damalige Director der Berliner Sternwarte, Prof. Encke, dessen Schüler Bruhns war, ersuchen lassen, ihm mein Photometer zu demonstriren, zu welchem Zwecke dasselbe im Südzimmer der Sternwarte aufgestellt war. Es war ein schöner Frühlingstag, als ich im Jahre 1862 Vormittags um 10 Uhr nach der Königl. Sternwarte in Berlin wanderte. Indem ich mich eben anschickte, die grosse Gitterthür zu öffnen, welche damals von der Lindenstrasse in den Garten der Sternwarte führte, begrüsst mich ein unmittelbar hinter mir kommender Herr, mit der Bitte, die Thür nicht zu schliessen, da er denselben Weg wie ich zu wandeln wünsche. Ich traute kaum meinen Augen, als ich vor mir den ritterlichen und liebenswürdigen Director der Wiener Sternwarte, Herrn C. von Littrow stehen sehe, der sich ebenso wie Prof. Bruhns behufs einer astronomischen Conferenz damals in Berlin befand. In freundlichster Conversation begriffen, traten wir gemeinsam in das Empfangszimmer Encke's. Nachdem eine kurze Unterhaltung über verschiedene astronomische Gegenstände stattgefunden hatte, erhob sich Encke mit den Worten: „Nun Herr College, wollen wir zusammen in's Südzimmer gehen, wo Herr Dr. Zöllner sein Photometer aufgestellt hat. Es wird Sie gewiss interessiren, dasselbe einmal aus eigener Anschauung kennen zu lernen!“ Mit den Ausdrücken der lebhaftesten Freude und Ueberraschung bestätigte Herr von Littrow diese Frage Encke's und wir gingen zusammen nach dem erwähnten Zimmer, wo uns nicht minder freundlich der erste Assistent und spätere Nachfolger Encke's, Dr. W. Förster, begrüsste. Nachdem ich die einzelnen Theile des Apparates behufs der Demonstration auseinander genommen und wieder vereinigt hatte, richtete Encke plötzlich an Herrn von Littrow die Frage: „Nun sagen Sie mal, lieber College, warum haben Sie eigentlich dem Dr. Zöllner nicht den Preis zuerkannt?“ Ich gerieth über diese mir so unerwartet zu Theil gewordene Genugthuung etwas in Verlegenheit. Aber auch Herr von Littrow schien mir seine Empfindungen nicht ganz verbergen zu können; denn er zuckte mit den Achseln und bemerkte, dass man bei solchen Commissions-Gutachten

nicht unabhängig von dem Urtheile der übrigen Preisrichter sei.

Am folgenden Tage machte ich zum ersten Male die Bekanntschaft von Prof. Bruhns. Wir sprachen von dem gestrigen Zusammentreffen mit Herrn von Littrow, von meiner Uebersiedelung nach Leipzig und den Plänen, welche ich mir dort für die Fortsetzung meiner photometrischen Untersuchungen entworfen hatte. Im Laufe der zwanglosen Unterhaltung theilte mir Bruhns mit, dass er von Herrn von Littrow beauftragt sei, mich zu fragen, ob ich eventuell bereit sei, mich von Neuem um den Preis zu bewerben, falls die Akademie die astronomische Preisfrage zum dritten Male auf drei Jahre ausschreiben würde. Es würde mir ja in dieser Zeit bei der Bequemlichkeit meines Instrumentes ein Leichtes sein, etwa 1000 Sterne photometrisch zu bestimmen und diese Zahl würde die Commission der Preisrichter vollkommen befriedigen. So dankbar ich auch das Bestreben, einen begangenen Irrthum wieder gut zu machen, anerkannte, so lehnte ich dennoch dieses Anerbieten trotz des Preises von 300 Ducaten freundlich dankend ab, indem mir einerseits die formelle „Incorrectheit" des Verfahrens, andrerseits der Verzicht auf die Lösung wissenschaftlich bedeutenderer Probleme bei Helligkeitsmessungen an beleuchteten Himmelskörpern Missbehagen erregte. Dankbar hingegen war ich der Vorsehung, dass sie mir in so unerwarteter Weise auch eine subjective Befriedigung für die in Wien erfahrenen Enttäuschungen gewährt hatte. Ich habe stets eine instinctive Abneigung gegen wissenschaftliche Massen- und Fabrikarbeit gehabt, so wenig ich durch diese Bemerkung die secundären Vortheile einer solchen Thätigkeit bezüglich der Vervollkommnung der Technik in der Beobachtungskunst und in Herstellung der dazu erforderlichen Instrumente herabzusetzen wünsche.

Uebrigens sind in den verflossenen 20 Jahren mit meinem Photometer sowohl in Russland[1]), Amerika, als auch in Deutschland umfangreiche Beobachtungsreihen an Fixsternen ausgeführt worden. Ich erlaube mir hierbei besonders auf die

[1]) Von Dr. Lindemann, Observator an der Centralsternwarte in Pulkowa.

im Jahre 1877 in Leipzig bei Breitkopf & Härtel erschienene Schrift: „Photometrische Beobachtungen an Fixsternen", von Julius Theodor Wolff[1]), aufmerksam zu machen. Dieselbe enthält unter zahlreichen andern Beobachtungen eine sehr eingehende Discussion und Kritik des in meiner Preisschrift vorhandenen Beobachtungsmaterials an veränderlichen Sternen.

Ueber das vom Verfasser bei seinen zahlreichen Messungen benutzte Photometer bemerkt Herr Theodor Wolff a. a. O. wörtlich Folgendes:

„Das Photometer, mit welchem die Beobachtungen angestellt sind, ist ein Zöllner'sches, wie es derselbe in seinen „„Grundzügen einer allgemeinen Photometrie des Himmels"" bekannt gemacht und in seinen „photometrischen Untersuchungen"[2]) näher untersucht hat und dessen Theorie ich aus diesen Schriften als bekannt voraussetzen kann. Die künstlichen Sterne werden durch das Licht einer Petroleumlampe erzeugt. Es ist aus der Officin von Ausfeld in Gotha hervorgegangen und ebenso bequem als solid construirt." (S. 4.)

„Wenn es auch sehr schwierig ist anzugeben, um wie viel zwei Lichteindrücke von einander verschieden sind, so ist das Vorhandensein einer noch so kleinen Verschiedenheit nicht zu verkennen, und daher kann man unter günstigen Umständen die Gleichheit der beiden Sterne, des künstlichen und des wirklichen, mit einer sehr grossen Sicherheit herstellen. Darin, dass man die Gleichheit zweier leuchtenden Punkte beobachtet, liegt der Vorzug, den das Photometer vor der Methode hat, nach welcher bis jetzt die veränderlichen Sterne beobachtet werden.

Ein anderer grosser Vorzug des Photometers ist der, dass man die beiden Sterne, den zu vergleichenden und den künstlichen, immer ganz nahe nebeneinander stellen kann und dass man durch leises Hin- und Herbewegen des Fernrohres verschiedene Stellen der Netzhaut dem Lichteindrucke aussetzt." (S. 5.)

„Dass der Mangel an Vergleichssternen, welcher bei der Beobachtung Veränderlicher so leicht und so empfindlich eintritt, bei dem Photometer ganz fortfällt, kann man ebenfalls zu den Vorzügen desselben rechnen." (S. 6.)

Nach meiner am 10. Mai 1862 erfolgten Uebersiedelung nach Leipzig, woselbst ich bei der liebenswürdigen Familie

---

[1]) Eines Schwiegersohnes von Argelander.

[2]) „Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper". Leipzig 1865 (W. Engelmann).

des Buchhändlers Lissner[1]), ganz in der Nähe der neuen Sternwarte im Johannisthal (Thalstrasse 9) im dritten Stock ein bescheidenes Zimmer für 5 Thaler monatlich (incl. Kaffee und Bedienung) bezog, schrieb ich den folgenden Brief an Herrn Geheimrath Helmholtz, der damals noch Professor der Physik an der Universität Heidelberg war:

An
Herrn Professor H. Helmholtz
in Heidelberg.

Leipzig, den 29. Juni 1862.

Hochverehrter Herr Professor!

Beifolgend nehme ich mir die Freiheit, Ihnen, als einen schwachen Beweis meiner ausserordentlichen Hochachtung und Verehrung, meine „Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels" zu übersenden. Das lebhafte Interesse, welches der Director der hiesigen neuen Sternwarte, Hr. Prof. Bruhns, gleich beim Erscheinen meiner Arbeit dafür zeigte, hat mich veranlasst, aus meiner Zurückgezogenheit in Schönweide nach Leipzig überzusiedeln, um an der dortigen Sternwarte meine photometrischen Beobachtungen an Sternen planmässig und in grösserem Umfange fortzusetzen. Das Photometer selbst hat jetzt eine von der in der Abhandlung mitgetheilten Form etwas abweichende Gestalt.

Die Gasflamme habe ich unter Anwendung gehöriger Vorsichtsmassregeln sehr vortheilhaft durch eine Kamphinflamme ersetzen können, wodurch der Apparat an Leichtigkeit des Transports und Bequemlichkeit in der Handhabung ausserordentlich gewonnen hat. Ebenso ist es mir durch die bereits in der Anmerkung zur Erläuterung der Figuren angegebene Abänderung gelungen, die künstlichen Sterne vor der durchsichtigen Glasplatte zu erzeugen, wodurch das Photometer auf die schwächsten Sterne anwendbar wird. Ein so verbesserter Apparat, der mit Leichtigkeit an jedem Fernrohr befestigt werden kann, ist bereits von Hrn. Prof. Bruhns für die hiesige Sternwarte bestellt und hoffen wir schon in wenigen Wochen mit Hülfe eines 5füssigen Fraunhofer'schen Refractors die Beobachtungen bis zu Sternen der 9. und 10. Grösse ausdehnen zu können.

Von physiologisch-optischen Gegenständen beschäftigt mich jetzt eine merkwürdige Erscheinung, von der ich nicht weiss, ob sie anderweitig schon beschrieben oder der Aufmerksamkeit gewürdigt worden ist. — Bewegt man nämlich dicht hinter einem ruhenden Spalt, senkrecht zur Richtung desselben irgend eine Figur, so erscheint dieselbe in der Richtung dieser Bewegung zusammengedrückt.

Wenn Sie die einliegenden Figuren hinter dem ruhenden Spalt hin und her bewegen, so dass die ganze Figur einmal den Spalt passirt, so wird Ihnen der Kreis als Ellipse, das Quadrat als Rhombus erscheinen. Die Stärke dieser Verzerrung nimmt mit wachsender Bewegung des Bildes,

[1]) Im Geschäfte von Breitkopf & Härtel angestellt.

wie es scheint asymptotisch zu. Denn hat die Geschwindigkeit eine gewisse Grösse erreicht, so lösen sich die Zerrfiguren in bewegte Linienstückchen auf, welche sich in dem Spalt hin und her schieben. Die Grenze der Geschwindigkeit, bei welcher dies eintritt, scheint bei verschiedenen Personen verschieden zu sein. Am deutlichsten und schönsten treten die Erscheinungen dann ein, wenn das Papier mit der Figur dicht an dem Spalt anliegend bewegt wird, die Beleuchtung möglichst hell ist.

Beim Anblick dieser Zerrbilder denkt man natürlich sogleich an die Phänomene des Plateau'schen Anorthoscops, welche auf der Dauer des Lichteindrucks im Auge beruhen und bei welchen daher auch auf der Retina ein Bild erzeugt wird, welches vollkommen dem wahrgenommenen Objecte entspricht.

Letzteres ist nun offenbar für die oben beschriebenen Erscheinungen durchaus nicht der Fall; denn bei diesen ruht der Spalt und es können sich daher bei ruhendem Auge auf der Retina nur bewegte Punkte, resp. Linienstücke befinden, die in der Richtung des Spaltes sich hin und her schieben. Wir haben also hier wiederum ein Beispiel, wo der auf der Netzhaut befindliche Gesichtseindruck von der daraus entstehenden Gesichtswahrnehmung bedeutend abweicht.

Eine Erklärung dieser Erscheinungen (in ihren allgemeinsten Umrissen) suche ich in Folgendem. — Bewegen wir nämlich die besagten Figuren hinter dem ruhenden Spalt, so haben wir im Allgemeinen ein ganz deutliches Bewusstsein davon, dass durch den Spalt successive die Theile einer dahinter bewegten Figur erblickt werden. Wir werden uns aber ferner auch eine bestimmte Vorstellung von dieser Figur machen müssen und können die bestimmenden Momente hierzu nur aus den successive erblickten Linientheilen entnehmen. Nimmt man nun an, dass wir im Allgemeinen die Grösse der Verschiebung unterschätzen und zwar um so mehr, je schneller die Verschiebung ist, so folgt hieraus, dass wir uns die mit der Verschiebungsrichtung parallelen Dimensionen kleiner vorstellen als die hierzu senkrechten. Woher diese Unterschätzung der doch willkürlich erzeugten Verschiebungsgrösse kommt, lasse ich vorläufig noch ganz dahin gestellt. Das aber scheint mir bei den beschriebenen Erscheinungen von so grossem Interesse für die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen, dass hier durch unbewusste Verstandesoperationen ein Vorstellungsbild erzeugt wird, welches, obgleich nur imaginär, von einem reellen Nachbilde nicht zu unterscheiden ist. Um übrigens die rein psychologische Natur dieser imaginären Zerrbilder recht deutlich zu beweisen, erlaube ich mir, Sie noch auf den folgenden Versuch aufmerksam zu machen. Bewege ich nämlich den in Fig. 3 dargestellten spitzen Winkel $\wedge$ hinter dem ruhenden Spalt hin und her, jedoch so, dass der Scheitelpunkt des Winkels den Spalt nicht passirt, so sehe ich nichts weiter, als die durch den Spalt sichtbaren Linienstückchen sich nähern oder entfernen. Passirt aber auch der Scheitel des Winkels den Spalt, so sehe ich sofort, je nach der Schnelligkeit der Bewegung, einen mehr oder weniger stumpfen Winkel.

Es scheint mir dies insofern auch für die Theorie der Traumbilder von Wichtigkeit zu sein, als durch die mitgetheilten Versuche bewiesen wird, wie unter Umständen unser Vorstellungsvermögen so zwingend bestimmt werden kann, Gesichtsobjecte auch ohne einen entsprechenden Erregungszustand der Retina wahrzunehmen, dass diese Objecte nicht von solchen, die Netzhaut wirklich reizenden, unterschieden werden können.

Lässt man übrigens die Figur ruhen und bewegt allein den Spalt hin und her, so hat man es in seiner Gewalt, entweder die verzerrte oder die richtige Figur zu sehen, je nachdem man das Auge ruhen oder dem Spalte folgen lässt. Im ersten Falle hat man dann einfach ein Bild, welches wie beim Anorthoscop auf der Dauer des Lichteindruckes beruht.

Allen Personen, denen ich bis jetzt diese Versuche gezeigt habe, waren dieselben unbekannt und neu. Ehe ich dieselben aber der Oeffentlichkeit übergebe, wünschte ich ganz sicher rücksichtlich der Literatur über ähnliche Gegenstände zu sein und wende mich deshalb mit der Bitte an Sie, verehrter Herr Professor, mir hierüber Ihre freundliche Belehrung zu Theil werden zu lassen.

Mit der grössten Hochachtung

Ihr

ganz ergebener

F. Zöllner.

Leipzig. Thalstrasse 9, bei Hrn. Lissner.

Ich erhielt auf dieses Schreiben eine freundliche Antwort von Herrn Helmholtz, die ich jedoch bedaure, trotz längeren Suchens, bis jetzt nicht unter meinen Papieren wiedergefunden zu haben. In der im Jahre 1867 vollständig erschienenen „Physiologischen Optik“ wird von Helmholtz S. 622 im Literaturverzeichniss meine inzwischen in Poggendorff's Annalen Bd. 117 erschienene Abhandlung „Ueber eine neue Art anorthoskopischer Zerrbilder“ ohne weitere Besprechung aufgeführt.

Diese Arbeit habe ich später in meinem Buch „Ueber die Natur der Cometen“ mit andern damit im Zusammenhang stehenden Abhandlungen veröffentlicht. Um jene Zeit war es auch, als ich Herrn Helmholtz behufs eines möglichst vollständigen Literaturverzeichnisses einige Schriften Schopenhauers durch Vermittelung eines damals in Heidelberg studirenden und mir nahe befreundeten Physiologen[1]) über-

[1]) Gegenwärtig ein sehr verdienter und scharfsinniger Professor der Physiologie an einer nicht deutschen Universität.

sandte, ohne dass sich jedoch Herr Helmholtz hierdurch veranlasst gefühlt hätte, den Pflichten der literarischen Gerechtigkeit gegen Schopenhauer nachzukommen.[1])

Die folgenden drei Jahre war ich bis zu meiner Habilitation eifrig mit photometrischen Beobachtungen des Mondes und der Planeten beschäftigt. Die Resultate dieser Thätigkeit habe ich in meiner Schrift: „Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper“ (Leipzig 1865 bei W. Engelmann) veröffentlicht. Der zweite Abschnitt „Theorie der relativen Lichtstärke der Mondphasen“ wurde mit den oben (S. 646) reproducirten Thesen als besondere Schrift gedruckt, ohne jedoch besonders im Buchhandel zu erscheinen.

Im Jahre 1863 wurde zu Heidelberg die „Astronomische Gesellschaft“ begründet, unter deren Vorstandsmitgliedern ich einige Jahre hindurch das Amt eines Rendanten und Bibliothekars bekleidete. Ich machte bei dieser Gelegenheit die persönliche Bekanntschaft von Prof. Schwerd aus Speyer und wurde zugleich aufgefordert, einen Vortrag über mein Astrophotometer zu halten, welches ich zu diesem Zwecke mit nach Heidelberg genommen hatte. An der nach beendigtem Vortrage eröffneten Discussion betheiligte sich u. A. auch Prof. Schwerd und bestätigte die für meine Augen erwähnte Verschiedenheit der Färbung (vergl. oben S. 617) auch für die seinigen. Es erregte eine wahrhaft stürmische Heiterkeit der ganzen Versammlung, als Prof. Schwerd, mein photometrischer Concurrent bei der Wiener Akademie, zur praktischen Erläuterung seiner subjectiven Farbenempfindungen meine eigene Person wählte, indem er, von seinem Sitze in der Versammlung aus redend, sagte: „Da sehe ich z. B. vor mir den Dr. Zöllner stehen. Auf dem einen Auge erscheint er mir röthlich, auf dem andern gräulich.“ Die hierin enthaltene metaphorische Anspielung auf die Unannehmlichkeit meiner Concurrenz war offenbar eine vollkommen unbewusste. Den-

[1]) Vgl. Näheres hierüber in dem Anhang zur 2. Auflage meines Buches „Ueber die Natur der Cometen“. (Zur Abwehr). Ebenso in meiner Schrift: „Zur Aufklärung des deutschen Volkes“ (Leipzig 1878. S. 88).

noch halte ich diese Bemerkung auch heute noch bei vielen anderen meiner Collegen mir gegenüber für so treffend, dass ich ihnen diese Worte hiermit bereitwilligst zum Ausdrucke ihrer collegialen Empfindungen zur Verfügung stelle.

Das Schwerd'sche Photometer ist, soweit mir bekannt, nur in zwei Exemplaren ausgeführt worden, nämlich für die Sternwarte in Bonn und die Sternwarte in Pulkowa. Da die Art und Weise der Beobachtungen eine besonders construirte Drehkuppel erforderte, so wurde hierdurch der für das Instrument an sich schon bedeutende Preis noch erhöht, so dass im Allgemeinen nur Staatsinstitute in der Lage sein dürften, die Kosten für die Anschaffung und Anwendung des Schwerd'schen Photometers zu tragen. Ich habe dasselbe niemals gesehen, indem bei meiner Anwesenheit in Pulkowa im Jahre 1868 das Instrument behufs seiner Reinigung auseinandergenommen und seitdem, so viel ich weiss, auch nicht wieder zusammengesetzt worden ist. Ob dasselbe auf der Bonner Sternwarte ausser durch den verstorbenen Director Argelander praktisch benutzt worden ist, vermag ich nicht anzugeben.

Von meinem oben (S. 716) erwähnten Aufenthalte in Pulkowa und Petersburg nach Leipzig zurückgekehrt, leitete ich den mir von dem Cultusministerium bewilligten Bau der kleinen Kuppel (vergl. oben S. 713) in der südwestlichen Ecke des Gartens der neuen Sternwarte. Nachdem ich bereits am 6. Februar des folgenden Jahres 1869 durch meinen Collegen Scheibner die oben (S. 47 ff.) reproducirte Abhandlung der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften hatte vorlegen lassen, war ich am Nachmittage des 1. Juli 1869 so glücklich, nach meiner Methode die ersten Protuberanzen in ihrer ganzen Ausdehnung am Rande der Sonne zu beobachten. Da an diesem Tage die Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften ihre regelmässige öffentliche Sitzung Nachmittags um 6 Uhr hielt, so konnte ich meine schnell entworfenen Zeichnungen nebst kurzer Beschreibung noch an demselben Tage durch meinen Freund und Collegen Scheibner, als Mitglied der Königl. Gesellschaft, vorlegen lassen. Auch die nächsten Tage waren meinen Beobachtungen noch sehr

günstig, so dass ich auf den der gedruckten Abhandlung (vergl. S. 60) beigegebenen Tafeln auch noch die Zeichnung einiger am 2. und 4. Juli beobachteten Protuberanzen beifügen konnte.

Sechs Wochen später wurde mir durch folgendes Schreiben des damaligen Präsidenten und zugleich vorsitzenden Secretärs der math.-phys. Classe unserer Gesellschaft meine Wahl zum ordentlichen Mitgliede der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften angezeigt:

Hochgeehrter Herr College.

Es macht mir Freude, dass die mathematisch-physische Classe der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften gestern in ihrer Sitzung beschlossen hat, Sie zu ihrem Mitgliede zu erwählen. Die formelle Wahl selbst, welche statutenmässig in einer Gesammtsitzung beider Classen der Gesellschaft vollzogen werden muss, wird erst nach den Ferien stattfinden.

Mit grösster Hochachtung

Ihr

ergebenster

Leipzig, den 10. August 1869. E. H. Weber.

Auf der im September desselben Jahres in Wien stattgefundenen Versammlung der astronomischen Gesellschaft habe ich die beigegebenen Tafeln I—VIII vorgelegt. Zugleich hatte ich einige von mir construirte Spektroskope mit nach Wien genommen, um den dort versammelten Astronomen die Leichtigkeit und Bequemlichkeit zu beweisen, mit welcher man nach meiner Methode auch mit Anwendung kleinerer Fernröhre (von etwa ein Meter Brennweite) die Protuberanzen beobachten könne. Sowohl Herr C. von Littrow als der Generalsekretair der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Prof. Schrötter zollten mir in freundlichster Weise ihren lebhaften Beifall.

Nach Leipzig zurückgekehrt, beschäftigten mich zunächst die Vorbereitungen für meine Vorlesungen im bevorstehenden Wintersemester. Den Wünschen des Ministeriums gemäss hatte ich mathematische Vorlesungen angekündigt und unter diesen die neuere synthetische Geometrie mit Zugrundelegung der Vorlesungen von Hesse gewählt. Ich glaube, dass diese Vorträge, welche mir selber das grösste Vergnügen bereite-

ten, nicht ohne Nutzen für meine damaligen Zuhörer gewesen sind.

Eines Tages, am 18. November 1869, erblickte ich unter meinen Zuhörern einen mir unbekannten corpulenten älteren Herrn von nichts weniger als aristokratischem Aussehen. Trotz der schriftlichen Notizen und der gespannten Aufmerksamkeit, mit welcher derselbe meinem Vortrage folgte, konnte ich mich dennoch nicht überreden, dass er etwas von Mathematik verstände. Da ich zwei Stunden hintereinander las mit einer viertelstündigen Pause, während welcher ich mich im Sprechzimmer mit den zufällig anwesenden Collegen, zu denen damals auch unser gegenwärtiger Herr Cultusminister v. Gerber gehörte, über verschiedenartige Gegenstände zu unterhalten pflegte, so gedachte ich auch meines sonderbaren Hospitanten. Da öffnet sich die Thür des Sprechzimmers, mein unbekannter Gast tritt nach flüchtiger Begrüssung meiner Collegen auf mich zu, und indem er die Frage an mich richtet, ob er die Ehre habe mit Herrn Professor Zöllner zu sprechen, überreicht er mir seine Visitenkarte auf welcher stand:

„C. Kappeler, Präsident des Eidgenössischen Schulrathes."

Ich traute meinen Augen kaum, in so unscheinbarer Hülle einen Mann vor mir zu sehen, von dessen grossen Verdiensten um das schweizerische Schulwesen ich bereits gehört und dessen „Thierbuch"[1]) für so manchen deutschen Professor von weittragendster Bedeutung geworden ist. Ich habe den vortrefflichen Mann im Laufe einer langjährigen Bekanntschaft wegen seiner Selbstlosigkeit und anspruchslosen Hingabe an die Interessen des Staates aufrichtig schätzen gelernt.

Preussischer oder Sächsischer Cultusminister würde er vermöge seiner äusseren Erscheinung allerdings trotz dieser vorzüglichen Eigenschaften niemals werden können, es sei denn, dass man ihn von der Verpflichtung, am preussischen Fackeltanze der Minister und an Hoffestlichkeiten Theil zu nehmen ein für alle Mal dispensirte.

[1]) Diese Bezeichnung des Kappeler'schen Notizbuches über die Qualitäten deutscher Professoren soll von einem berühmten Berliner Akademiker herrühren. Was für ein unschätzbares Material zu einer späteren Naturgeschichte des deutschen Professors dürfte in diesem Buche aufgespeichert sein!

Herr Präsident Kappeler trug mir die durch den Fortgang der Herren Professoren Clausius und Kundt erledigte Professur der Physik am Eidgenössischen Polytechnicum zu Zürich an. Es wurden mir 6000 Francs feste jährliche Besoldung zugesichert und eine durchschnittliche Einnahme von mindestens 1000 Francs an Honoraren in Aussicht gestellt. Hr. Kappeler wünschte von mir sofort eine schriftliche Zusage, indem er vom schweizerischen Bundesrathe mit den umfassendsten Vollmachten zum sofortigen Abschluss eines Vertrages ausgestattet war. Ich musste diese Zumuthung selbstverständlich unter Hinweis auf die mir obliegende Verpflichtung, dem Ministerium vor der definitiven Annahme eines Rufes Anzeige zu machen, ablehnen. Dagegen versprach ich Herrn Kappeler, diese Anzeige umgehend zu erstatten und um möglichst baldige Entscheidung zu bitten. Auf mein vom 19. Nov. 1869 datirtes Schreiben erhielt ich vom Cultusministerium die folgende Antwort:

Geehrtester Herr Professor.

Auf die Anzeige ihrer Berufung an die Universität Zürich beeile ich mich Ihnen zu antworten, dass mir, wie Sie bereits aus früheren mündlichen Aeusserungen werden entnommen haben, sehr viel daran gelegen ist, Sie der Universität Leipzig zu erhalten, für welche Ihr Weggang ein namhafter Verlust sein würde. Ich nehme daher keinen Anstand, Ihnen, wenn Sie den Ruf nach Zürich ablehnen und Ihre Lehrthätigkeit an der Universität Leipzig fortsetzen, einen Gehalt von 1600 Thlr. zuzusichern, der Ihnen vom 1. Januar 1870 an ausgezahlt werden soll.

Es würde mir erwünscht sein, wenn ich Sie gleichzeitig zum ordentlichen Professor ernennen könnte; wenn dies aber auch jetzt nicht thunlich ist, so werde ich doch in nicht zu langer Zeit darauf Bedacht nehmen und bezweifle nicht, dass die Facultät mit Freuden Sie in ihrer Mitte aufnehmen wird.

Ich hoffe, dass Sie sich hiernach entschliessen werden der Unsrige zu bleiben und sehe Ihrer Erklärung darüber entgegen.

Mit vollkommenster Hochachtung

Ew. Hochwohlgeboren

ergebenster

Dresden, den 20. November 1869. Falkenstein.

Meine Antwort auf dieses Schreiben lautete wörtlich wie folgt:

Leipzig, d. 22. Nov. 1869.

Ew. Excellenz

haben mir durch die in dem soeben erhaltenen Schreiben vom 20. d. gemachte Anerbietung eines Jahrgehaltes von 1600 Thlr. die Möglichkeit geboten, meine Kräfte für immer dem Vaterlande und der Universität Leipzig zu widmen und demgemäss den Ruf nach Zürich abzulehnen, was ich mit dem Gefühle aufrichtiger Dankbarkeit Ew. Excellenz hierdurch ergebenst anzuzeigen die Ehre habe.

Ew. Excellenz werden Sich ebenfalls aus mündlichen und schriftlichen Mittheilungen erinnern, wie lieb mir der Aufenthalt und die Wirksamkeit an einer Universität geworden ist, unter deren förderndem und belebendem Einfluss sich die ersten Ideen zu jener jungen Wissenschaft in mir entwickelt haben, welche gegenwärtig so kräftig emporblüht und zu ihrer Förderung einen Wetteifer unter allen civilisirten Nationen hervorgerufen hat. Musste auch unter diesen Umständen meine academische Lehrthätigkeit, als zunächst auf eine Specialität gerichtet, von untergeordneter Bedeutung erscheinen, so eröffnet sich gegenwärtig, durch das mir von Herrn Geh.-Rath Hankel gemachte Anerbieten, die physikalischen Uebungen der Studirenden an dem neu zu gründenden physikalischen Institute selbstständig zu leiten, die Aussicht, auch nach dieser Richtung hin meine Kräfte erfolgreicher für unsere Universität zu verwerthen.

Genehmigen Ew. Excellenz die Versicherung meiner aufrichtigsten Hochachtung, mit der ich verharre

Ew. Excellenz

ganz ergebenster
F. Zöllner.

Der folgende Brief meines Collegen Zarncke, dem ich einige Copien meiner Abbildungen von Protuberanzen übersandt hatte, giebt beredtes Zeugniss von der lebhaften Freude, mit welcher mein Verbleiben an der Universität Leipzig auch von meinen philologischen Collegen begrüsst worden ist.

Lieber verehrter Freund.

Eben komme ich aus der Paeonia[1]) heim wo mir Hankel die Ihnen gewordene erfreuliche Antwort mitgetheilt hat: Ich kann das Bett nicht aufsuchen, ohne Ihnen vorher meine Freude ausgesprochen zu haben, dass wir Sie unter uns behalten werden.

Ihre Protuberanzen fand ich schon um 7 Uhr vor. Ich stürzte sofort damit zu meinen Kindern hinüber, und hell leuchteten Aller Blicke über

[1]) Der Name eines langjährigen freundschaftlichen Kränzchens von älteren Leipziger Professoren, dem gegenüber gegenwärtig ein anderes Kränzchen von jüngeren Professoren, wie Binding, Blomeyer, Braune, Cohnheim, His, Wiedemann und Zirkel mehrfach als Anti-Paeonia bezeichnet wird.

Lieber verehr

Eben komme ich aus
gewordenen erfreulich
nicht aufsuchen, ohne Ih
haben, ist wie Sie unt

Ihre Protuberanzen
damit zu meinen Ki
über die wunderbar
Haben Sie den herzlichst

Sollte es Ihnen nicht
andern Ihrer neuen
Weise unter Ihrem Co
ganz frisch selber einz
wo Professorium ist,
Tag zu sorgen habe,
Spannung anhören w
keinen Korb.

In alten

VH,
d. 22ten Nov. 69.

die wunderbar interessanten Bilder, die Sie uns boten; haben Sie den herzlichsten Dank.

Sollte es Ihnen nicht selbst Freude machen, über einen oder die andere Ihrer neuen Entdeckungen sich einmal in populärer Weise unter Ihren Collegen etc. auszusprechen, und unsern Dank ganz frisch selber einzuheimsen? Ich denke an den 8. December, wo Professorium ist und für welchen Abend ich für einen Vortrag zu sorgen habe. Ich wüsste nicht, wen wir lieber und mit mehr Spannung anhören würden als Sie. Geben Sie mir daher keinen Korb.

In alter Treue

Ihr

V. H., d. 22. Nov. 69. Zarncke.

Da gegenwärtig der vorstehende Brief meines Collegen Zarncke[1]) für mich ein ganz besonders werthvolles Gedenk-

---

[1]) Bereits im 3. Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" S. 305 habe ich eine anonyme Kritik im Zarncke'schen Centralblatt vom 9. August 1879 reproducirt, in welcher neben vielen thatsächlichen Unwahrheiten und Verleumdungen u. A. die von mir und meinen Collegen W. Weber, Fechner und Scheibner in Gegenwart Slade's beobachteten und wahrheitsgemäss berichteten Thatsachen als „Schulbubenstreiche" bezeichnet werden.

Ich habe auf Grund dieser anonymen Kritik meinem Collegen F. Zarncke (S. 305 a. a. O.) öffentlich den Vorwurf gemacht, „dass ihm die Begriffe von collegialem Anstand und Wahrheitsliebe abhanden gekommen sind". Da mir jedoch im Verlaufe eines Jahres weder privatim noch öffentlich von Seiten meines ehemaligen Freundes eine Berichtigung oder Genugthuung für die unter seiner Verantwortlichkeit begangenen Insulten zu Theil geworden ist, so habe ich in meiner im vorigen Jahre (1880) erschienenen Schrift „Zur Aufklärung des deutschen Volkes" S. 64 ff. abermals diese Kritik zum Abdruck gebracht und im Hinblick auf den oben gebrauchten Ausdruck wörtlich Folgendes bemerkt:

> „Ich glaube meinen Collegen Wundt und Zarncke mit grosser Bestimmtheit prophezeihen zu können, dass die Zeit sehr nahe ist, wo man ganz allgemein derartige literarische Manifestationen für „Schulbubenstreiche" erklären und dieselben nicht nur als „geistige", sondern auch als sittliche „Verirrungen" betrachten wird." (Vgl. S. 64 a. a. O.)

Heute ist wiederum ein Jahr vergangen, ohne dass sich mein College Zarncke mir gegenüber freiwillig zu einer Berichtigung jener beleidigenden Kritik herbeigelassen hätte. Ich glaube hieraus schliessen zu müssen, dass mein ehemaliger Freund Zarncke in der Aufnahme der oben erwähnten Kritik noch keinen ausreichenden Beweis für die Richtigkeit meiner Behauptung erblickt, dass ihm thatsächlich die Begriffe für collegialen und literarischen Anstand abhanden gekommen sind. Ich bin daher genöthigt, ihm im Folgenden einen inzwischen gelieferten weiteren Beweis zu geben.

blatt für seine ehemalige Freundschaft ist, und zugleich die Veranlassung zu dem oben (S. 27 ff.) reproducirten populären Vortrag „über die physische Beschaffenheit der Sonne“ im

---

Am Mittwoch den 26. Januar 1881 um 6 Uhr wurde ich zufällig im Sprechzimmer meines Auditoriums durch eine lebhafte Unterhaltung zwischen meinen Collegen Stobbe, Binding und Wach auf eine „Erklärung“ im Zarncke'schen Centralblatt vom 22. Januar 1881 No. 4 aufmerksam gemacht, in welcher zwischen den deutschen Professoren Scherer, Erdmannsdörffer, Becker und Bartsch eine collegiale Herzenserleichterung stattfindet, bei welcher Ausdrücke wie „Gemeinheit“ (5 Mal), „impotente Feigheit“ (4 Mal), „erbärmlicher Concurrenzneid“ nebst Androhung einer Herausforderung zum Zweikampf vorkommen. Während Professor Wach und, wenn ich nicht irre, auch Prof. Binding ihr Erstaunen darüber ausdrückten, dass Herr College Zarncke (*Director actorum* der philosophischen Facultät und gegenwärtig *Rector magnificus* unser Universität) solche „Erklärungen“ nicht im Interesse des collegialen Anstandes einfach zurückweise, suchte Herr Geheimrath Stobbe (der in Breslau längere Zeit ein Mitglied des stark mit jüdischen Elementen versetzten Stadtverordnetencollegiums gewesen ist), das Verhalten Zarncke's dadurch zu erläutern, dass er uns mittheilte, derselbe sei mit dem Berliner Germanisten Scherer (gegen welchen die erwähnte Erklärung des ordentlichen Professors Bartsch in Heidelberg gerichtet ist), auf's Bitterste verfeindet. Da nun die erst im vorigen Jahre gemeinschaftlich mit Herrn Collegen Friedberg zu Geheimen Hofräthen ernannten Professoren Zarncke und Stobbe zugleich beisitzende Mitglieder des akademischen Disciplinargerichtshofes sind (der also bei Aufhebung der Pressfreiheit für deutsche Professoren eventuell auch über mich zu Gericht sitzen würde), so wird gegenwärtig der Herr Cultusminister von Gerber hinreichend darüber aufgeklärt sein, an welche Adresse er zuerst wegen literarischer Beleidigungen von Professoren seine Drohungen mit Disciplinaruntersuchung nebst vertraulicher Aufforderung zur freiwilligen Amtsniederlegung bei Aussicht auf Pensionirung mit vollem Gehalte zu richten habe. Dass mir eine solche Aufforderung des Herrn Ministers von Gerber am 23. Juni 1880 in Gegenwart meiner Collegen Wilhelm Weber, Neumann und Scheibner thatsächlich übermittelt worden ist, würden meine hier genannten Freunde erforderlichen Falls jederzeit zu bestätigen bereit sein.

Obschon mich der hiesige Regierungsbevollmächtigte und Amtshauptmann Graf zu Münster am 16. Dec. 1880 und wiederholt am 8. und 9. März 1881 mit seinem Besuche beehrte und mich u. A. über die praktischen Consequenzen der mir gestellten Zumuthungen beruhigte, indem er dieselben als Ausfluss habitueller Verstimmungen und hypochondrischer Schwarzseherei des Herrn Ministers von Gerber zu entschuldigen wenn auch nicht zu rechtfertigen suchte, so kann ich dennoch diese Mittheilungen, die mir ausdrücklich als nicht im Auftrage des Ministers übermittelte be-

Leipziger Professoren-Verein geworden ist, so habe ich hier eine photolithographische Copie dieses Briefes anfertigen lassen und dieselbe dem Texte beigefügt. Dass ich vollkommen berechtigt war, für die unten erwähnte anonyme Kritik im Zarncke'schen Centralblatt Herrn Geheimen Hofrath Zarncke persönlich verantwortlich zu machen und hierin von Seiten eines mir bis dahin nahe befreundeten Collegen eine Handlung zu erblicken, welche geeignet ist, mich und meine Collegen Fechner, Weber, Ulrici und Scheibner „verächtlich zu machen oder in der öffentlichen Meinung herabzuwürdigen" (vgl. §. 186 des deutschen Strafgesetzbuches. Geldstrafe bis 1500 Mark oder Gefängniss bis zu 2 Jahren), — dies mag der folgende Brief beweisen, welcher von Hrn. Professor Zarncke an Hrn. Prof. Gosche in Halle bei Zurücksendung einer „Erklärung" für sein Centralblatt gerichtet und daher von Prof. Gosche selbstständig veröffentlicht worden ist. (Druck und Verlag von B. G. Teubner). Dieser Brief lautet wörtlich wie folgt:

Geehrter Herr College.

Sie haben selber schwerlich im Ernste geglaubt, dass ich Ihre Anzeige würde aufnehmen oder meinem Blatte würde beilegen lassen können. Das „unmännliche Princip der Anonymität" ist das gewöhnliche Steckenpferd der Erwiderungen, als ob es bei einem öffentlich ausgesprochenen Urtheile auf die Person und nicht auf die Sache ankäme, und als ob nicht schliesslich mein Name alle Verantwortung deckte, da doch keine Zeile in meinem Blatte Aufnahme findet, die nicht von mir gebilligt worden ist. Wenn mein Blatt seit nun 20 Jahren stark und kräftig sich entwickelt und gehalten hat, so ist der Grund der, dass ich alles Gewicht in die Redaction gelegt, sie zum Schwerpunkt des Blattes gemacht habe. Hätte

---

zeichnet wurden, nicht als ausreichenden Schutz gegen die Wiederkehr ähnlicher Versuche anerkennen, mich in der Ausübung meiner staatsbürgerlichen Rechte und Pflichten durch Einschüchterung und Drohung zu beschränken.

Das schöne Wort unseres unvergesslichen Königs Johann:

„Ich bin gewöhnt, so viel mir auch an dem Beifall des Volkes gelegen ist, einem höheren Auge, welches auf meine Ueberzeugung schaut, zu folgen und lieber mein Gewissen zu verwahren als um die Gunst des Volkes zu buhlen." (Vgl. König Johann von Sachsen, ein Charakterbild von Dr. Joh. Paul von Falkenstein. Dresden 1879. S. 113.)

bin ich durch meine Stellung als deutscher Professor in der glücklichen Lage, nicht nur nach unten dem Volke gegenüber, sondern jederzeit auch nach oben den Fürsten und Ministern gegenüber zu bethätigen.

ich das Blatt aufgelöst in einen Haufen von den Einzelnen vertretener Artikel, so wäre die Redaction einflusslos geworden, dem Blatte wäre seine Seele geraubt worden. Sie werden das, von tausend redactionellen Schwierigkeiten abgesehen, selber erfahren, wenn Sie Ihren Plan ausführen, auf dem „männlichen Principe" voller Namensunterzeichnungen ein neues Blatt zu gründen.

Ueber die Wahrung Ihrer Autorrechte in Betreff der franz. Bibliographie werde ich gern eine Notiz in meinem Blatte aufnehmen, doch ohne Polemik. Der Aufsatz im Archiv ist eine hübsche orientierende Einführung, die Bibliographie im Jahrbuch war eine wesentlich stilistische, sachlich werthlose Mache, die zusammenzustilisieren ich mich an Ihrer Stelle nicht hergegeben hätte.

Ueber das Verfahren Liebrechts würde ich vermeiden mich öffentlich auszusprechen. Sie rufen eine Erwiederung hervor, die Ihnen doch sehr unangenehm ausfallen könnte. Wie Sie überdies das jahrelange Liegenlassen der Arbeit eines Anderen für „skeptische Langsamkeit" erklären können, ist mir nicht verständlich.

Was gegen den Abdruck des Gedichtes in Lotze's Aufsatz gesagt ist, haben Sie, wie es scheint, nicht verstanden. Das Original ist ein deutsches Buch des Paul Aemilius, der Professor in Ingolstadt war, „die Bücher der Könige in hochdeutsche Reime gebracht" Ingolstadt 1562. Was hat es nun für einen Werth, die Umschrift in jüdische Buchstaben wieder zurückzuübertragen in deutsche Schrift, wodurch ja nur wieder das Original zum Vorschein kommt? Hier hatte nur eine Vergleichung mit dem Original Werth, die anzudeuten suchte, welcher Art die stilistischen, metrischen und sonstigen Aenderungen waren, die der jüdisch-deutsche Umschreiber sich erlaubte. Und damit war zugleich die Richtung gegeben, die eine wirkliche Untersuchung überhaupt einzuschlagen hatte. Ein paar hastige Notizen, wie man sie durch die Lectüre von ein paar Titeln erhält, ist nicht das Material, um in einer gelehrten Zeitschrift einen gelehrten Aufsatz zu schreiben.

Was den letzten Absatz betrifft, so mache ich Sie darauf aufmerksam, dass der Ref. den quäst. Aufsatz zu Ihrer Legitimation, nicht zu seiner Belehrung verlangte.

Verzeihen Sie die Hast dieser Zeilen. Eine neue Geschäftslast, die seit dem 1. Nov. auf mich gewälzt ist, drückt mich fast nieder.

Hochachtungsvoll

Ihr ergebener

Leipzig, d. 5. November 1869. Fr. Zarncke.

Herr Professor Gosche knüpft an den Abdruck des folgenden Briefes wörtlich noch folgende Bemerkungen:

„Dieser Brief steht in einem sehr nahen verwandtschaftlichen Verhältniss zu dem Referat des Lit. C.-Bl., er ergänzt und erläutert dasselbe in so deutlicher Weise, dass auch ihm die Ehre der Veröffentlichung ge-

bührt. Obgleich einfache Logik und natürliches Anstandsgefühl sich hiernach ein sicheres Urtheil über die kritische Situation bilden können, so erfordert es doch das Interresse des von mir für eine ehrenwerte Verlagshandlung unternommenen „Archivs", folgendes hinzuzufügen.

Ich habe nicht den „Plan" ein „Blatt" zu gründen, da ich nicht als verantwortliche „Seele" über allen Facultäts- und nicht akademischen Wissenschaften zu schweben verstände, sondern werde meine Kraft dem „Archiv" mit seinen besonderen Aufgaben widmen, in welchem jedem Mitarbeiter wie bisher gestattet sein wird, unter seinem Namen die Wissenschaft zu fördern. Unter allen Umständen werde ich ein Gegner der Anonymität bleiben und besonders da, wo sie fast ausnahmslos mit kurzen apodiktischen Behauptungen auftreten muss und zu sachlichen Darlegungen keinen Raum hat, ja bisweilen sich kaum Zeit gönnt."

Die „neue Geschäftslast", welche seit dem 1. Nov. 1869 auf Hrn. Prof. Zarncke gewälzt war, bestand in der Uebernahme des Rectorats der Leipziger Universität. Da in unserer philosophischen Facultät damals die durch Prof. Hartensteins Abgang nach Jena erledigte ordentliche Professur der Philosophie noch nicht wieder besetzt war, so beauftragte mich mein damaliger Freund Zarncke, persönlich bei dem Philosophen des Unbewussten Eduard von Hartmann anzufragen, ob er eventuell bereit wäre, an unserer Universität die Stelle eines ordentlichen Professors der Philosophie zu bekleiden. Es war mir diese ehrenvolle Mission um so erfreulicher, als ich kurz vorher durch einen in der „Wissenschaftlichen Beilage" der officiellen Leipziger Zeitung enthaltenen Aufsatz von Dr. David Asher: „Eine neue Weltanschauung", zuerst auf die Existenz des Herrn Eduard von Hartmann aufmerksam gemacht worden war. Ich reiste in den Weihnachtsferien nach Berlin und fand hier zu meiner grossen Ueberraschung Herrn von Hartmann im Bett liegen. Derselbe klärte mich über sein im Feldzuge von 1866 erlittenes Knieleiden auf und lehnte wegen dieses körperlichen Gebrechens das ehrenvolle Anerbieten ab, indem er gleichzeitig bemerkte, dass er aus demselben Grunde bereits einen ähnlichen Antrag von einer anderen deutschen Universität (ich glaube Giessen oder Marburg) habe ablehnen müssen.

Ich erinnere mich lange nicht eine so anregende philosophische und naturwissenschaftliche Unterhaltung mit einem

vorurtheilslosen und freien Manne gepflogen zu haben. Es knüpfte sich hierdurch zwischen uns ein literarisches Freundschaftsverhältniss durch Uebersendung naturwissenschaftlicher Schriften von meiner Seite und freimüthigen Gedankenaustausch bei meiner persönlichen Anwesenheit in Berlin. Von den zahlreichen Briefen Eduard von Hartmann's erlaube ich mir hier nur den folgenden zu veröffentlichen, weil derselbe Zeugniss von seinem treffenden Urtheile über die Engländer und der Vielseitigkeit seiner naturwissenschaftlichen Lectüre giebt. Die darin erwähnte Schrift des Engländers Grove ist die deutsche Uebersetzung von dessen Werk: „Die Verwandtschaft der Naturkräfte" — (Braunschweig 1871) mit einem Vorwort von Prof. Clausius in Bonn. Ich hatte dasselbe nebst der Schrift von Wallace über natürliche Zuchtwahl an E. v. Hartmann gesandt, und erhielt diese Schriften mit folgendem Begleitschreiben zurück:

Pankow, den 28. Juni 1871.

Hochverehrter Freund!

Empfangen Sie meinen herzlichen Dank für alle Ihre freundlichen Zusendungen, mit denen Sie mein Bestreben, mich auf dem Laufenden zu erhalten, so wirksam unterstützen, besonderen Dank auch für die Mittheilung Ihrer eigenen Untersuchungen, die ebenso wichtig und fesselnd im Gegenstande als mustergültig in der Methode sind. Leider bin ich durch die Verhältnisse für dieses Frühjahr um die Freude gekommen, Sie auch persönlich einmal wiederzusehen, hoffe aber, dass Sie in den grossen Ferien Ihren versäumten Aufenthalt in Berlin bei Ihrer Familie nachholen werden, und dass dann auch für mich ein Stündchen dabei abfallen wird.

Ich sende Ihnen anbei die geliehenen Schriften mit vielem Danke zurück, mit Ausnahme von Wallace, den ich schon längst zu lesen mir vorgenommen, und nun in Driburg absolviren will, wohin ich am Sonnabend abreise. Sollte ich etwas übersehen haben von dem, was Sie mir gesandt, so bitte ich diess mit dem Umzuge nach Pankow gütigst zu entschuldigen und mir näher anzugeben.

Von Grove bin ich nicht sehr entzückt, er ist gedreht und gewunden, weil den Engländern stets der Muth fehlt, klar und bescheiden, aber bestimmt, ihre Meinung zu sagen; sie sind stets hochmüthig und scheu zugleich. So weit der Franzose nicht aus Eitelkeit und Charlatanerie windbeutelt, ist er mir fast lieber als der englische Gelehrte. Natürlich giebt es überall rühmliche Ausnahmen, aber Grove scheint mir nicht zu denselben zu gehören.

Wenn Sie die erste Lieferung der Helmholtz'schen Vorträge, worin die endliche Erstarrung des Kosmos enthalten sein soll, auch besitzen,

so würden Sie mich sehr verbinden, wenn Sie die Gefälligkeit haben wollten, mir dieselbe nach Bad Driburg (Westphalen) zu senden. — In der nächsten Woche beginnt der Satz der 3. Auflage, für die ich hier gearbeitet, da bei der provisorischen Abrechnung des Verlegers sich höchstens noch 250 verfügbare Exemplare (von 1250) herausstellten. Ich möchte in aller Welt wissen, wer das Zeug alles kauft; nächst dem Verleger wenigstens ist niemand verwunderter über diesen Absatz als ich.

Hoffentlich haben Sie in Bothkamp[1]) besseres Wetter in der Woche nach Pfingsten gehabt als wir hier vom 29. Abends an, denn sonst werden Sie von Ihren Observationen auch nicht viel gehabt haben. Alle Welt schilt auf das Wetter, und mir will es auch vorkommen, als würde unser Klima excessiver bei gleichbleibendem Mittel, — oder sollte mir das bloss so vorkommen, weil ich empfindlicher geworden bin? Immer Kälte, dass man heizen muss, oder Hitze und Schwüle, — selten ein Tag zwischen 13 und 16° R.

Etwa 4 Bogen wird die 3. Auflage wohl wieder stärker werden. Diesmal war weniger Naturwissenschaftliches nachzutragen, dagegen habe ich mehr Philosophisches zugesetzt.

Ueberweg ist, wie Sie schon wissen werden, am 9. d. M. früh 1 Uhr gestorben. Am Morgen nach seinem Tode erhielt ich noch einen Brief von ihm. Es entstehen immer mehr Vacanzen auf philos. Lehrstühlen, und der Mangel an geeignetem Ersatz wird immer grösser. — Ein recht erfreuliches Werk verspricht Schasler's kritische Geschichte der Aesthetik zu werden, nach dem vorliegenden ersten Viertel von 16 Bogen. Ich habe es für „das neue Reich" besprochen. Nach Schasler's persönlicher Bekanntschaft scheint mir in demselben entschieden eine geeignete Kraft brach zu liegen. Bahnsen lernte ich in den Osterferien aus näherem Umgange durch $1^1/_2$ Wochen hindurch kennen; er spricht jedenfalls weit besser als er schreibt, und würde sich sehr herausmausern, wenn der auf ihm lastende Alpdruck von ihm genommen würde.

Mit den herzlichsten Grüssen verbleibe ich

Ihr
aufrichtig ergebener
E. v. Hartmann.

Dass ich mich von dem Pessimismus der Philosophie des Unbewussten ebensowenig wie von demjenigen der Philosophie Schopenhauer's umstricken liess, dafür glaube ich in meinen späteren Schriften den Beweis geliefert zu haben. Ich schätze indessen an Herrn von Hartmann wie an jedem andern Schriftsteller die Aufrichtigkeit und Ehrlichkeit seiner Ueberzeugung und den Freimuth im Ausdrucke derselben.

[1]) Auf der Privatsternwarte des Kammerherrn v. Bülow auf Bothkamp bei Kiel.

Mehr kann man von keinem Menschen verlangen, da die Uebereinstimmung seiner Ueberzeugung mit der Wahrheit wesentlich von der Cultur desjenigen Quantums an Gefühl und Verstand abhängt, welches er mit auf die Welt gebracht hat, wofür er sich daher (falls er nicht eine höhere Intelligenz anerkennt, die auch diese Gaben nach einem weisen und gerechten Plane unter den Menschen austheilt), doch nur bei seinen Eltern bedanken kann. Dass mich die reklamenartige Benutzung der jüdischen Presse zur Verbreitung der Philosophie des Unbewussten nicht minder als die Rücksichtslosigkeit in der „Selbstzersetzung des Christenthums" abgestossen hat, glaube ich Herrn von Hartmann in unseren mündlichen Unterhaltungen deutlich bemerklich gemacht zu haben. Heute geisselt derselbe den Pseudoliberalismus der liberalen Parteien und wirft den Conservativen ihr Bündniss mit der kirchlichen Orthodoxie mit folgenden Worten vor:

„Nichts hat das gebildete Bürgerthum von 1850—1870 so aufgebracht und erbittert, als diese ihre innersten Gefühle verletzende gewaltsame Restauration der kirchlichen Orthodoxie, als die systematische Verdummung des unmündigen Volkes und der unmündigen Jugend durch die Staatskirche . . Nichts hat so sehr den Abscheu der kleinstaatlichen Bevölkerung gegen Preussen genährt und gesteigert, als die Missachtung und Verletzung der religiösen Ueberzeugung in der Besetzung der Kanzeln und der kirchlichen Verdummung der Schuljugend und als der Vorsprung, den die zur Schau getragene (gleichviel ob wahre oder erheuchelte) Kirchlichkeit in allen Staatscarrièren verschaffte. Heute noch überläuft jedem gebildeten Preussen eine Gänsehaut bei dem Gedanken an diese Möglichkeit, und das ganze seit dem Rücktritt des Ministers Falk erhobene Geschrei über Reaction zieht seine Kraft nur aus diesem Grauen vor dem Alp der religiösen Reaction in Kirche und Schule".[1])

Ich erlaube mir Herrn E. von Hartmann daran zu erinnern, dass es auch eine Zeit in Preussen gab, wo „die zur Schau getragene" Ueberzeugung von der Wahrheit der Hegel'schen Philosophie einen Vorsprung in den Staatscarrièren verschaffte, und wenn ich mir denken sollte, es würde jemals eine Zeit kommen, wo die „gleichgültig ob wahre oder erheuchelte" Ueberzeugung von der Wahrheit der Hart-

[1]) National-Zeitung v. 10. Juli 1881 (Morgen-Ausgabe.) Abdruck aus der „Gegenwart".

mann'schen Philosophie einen solchen Vorsprung verliehe, so würde ich von zwei Uebeln das bei Weitem geringere wählen und lieber das „gebildete" Volk ein Wenig durch kirchliche Orthodoxie als durch Hartmann'sche Philosophie zu „verdummen" wünschen. Ich würde mich hierbei auf die Worte Lessing's berufen:

„Die Berlinische Freiheit zu denken und zu schreiben reducirt sich einzig und allein auf die Freiheit, gegen die Religion so viel Sottisen zu Markte zu bringen als man will. Und dieser Freiheit muss sich der rechtliche Mann nun bald zu bedienen schämen.[1]) — Darum ziehe ich die alte orthodoxe, im Grunde tolerante Theologie, der neueren, im Grunde intoleranten, vor."[2])

Ebenso bemerkt Kant:

„Man sage dem Pietismus nach, was man will, genug die Leute, denen es ein Ernst war, zeichneten sich auf eine ehrwürdige Weise aus. Sie besassen das Höchste was der Mensch besitzen kann, jene Ruhe, jene Heiterkeit, jenen innern Frieden, der durch keine Leidenschaft beunruhigt wurde. Keine Noth, keine Verfolgung setzte sie in Missmuth, keine Streitigkeit war vermögend sie zum Zorn und zur Feindschaft zu reizen. Mit einem Worte, auch der blosse Beobachter wurde unwillkürlich zur Achtung hingerissen. Noch entsinne ich mich, wie einst zwischen Riemer- und Sattlergewerke Streitigkeiten über ihre gegenseitigen Gerechtsame ausbrachen, unter denen auch mein Vater wesentlich litt: aber dessenungeachtet wurde selbst bei der häuslichen Unterhaltung dieser Zwist mit solcher Schonung und Liebe in Betreff der Gegner von meinen Eltern behandelt und mit einem solchen festen Vertrauen auf die Vorsehung, dass der Gedanke daran, obwohl ich damals ein Knabe war, mich dennoch nicht verlassen wird".[3])

Ob die hier durch den aufrichtigen, nicht „erheuchelten" Pietismus gezeitigten Wirkungen des „praktischen Christenthums" jemals die Philosophie des Unbewussten zu erzeugen im Stande sein würde, möchte ich bezweifeln. Denn der gesunde und durch keine Hegel'sche Dialectik verbildete Verstand des Volkes wird es z. B. stets als einen Widerspruch empfinden, wenn Jemand als Philosoph theoretisch den Pessimismus und die Weltvernichtung auf seine Fahne schreibt und praktisch ein so liebenswürdiger, gemüth-

---

[1]) Lessing's Werke X. S. 351 (Theologische Streitschriften.)

[2]) Lessing in einem Briefe an seinem Bruder v. 20. März 1777. (Vgl. Werke X. S. 409.)

[3]) Kant's Werke Bd. 11. Abthl. 2. S. 16.

licher Optimist und Familienvater wie Herr E. v. Hartmann ist. Schopenhauer hielt zwar den Selbstmord für eine Thorheit, betrachtete aber seine Ehelosigkeit als einen integrirenden Bestandtheil seiner philosophischen Askese. Herr Eduard von Hartmann dagegen ist gegenwärtig bereits zum zweiten Male verheirathet; sein Verstand findet daher zwischen dieser wiederholten „Hingabe an den Weltprocess" zur Beschleunigung der Welterlösung keinen Widerspruch. Dass dagegen der mir verliehene Verstand im höchsten Grade über diese „Bejahung des Willens zum Leben" von Seiten eines erklärten Pessimisten überrascht war, mag meine folgende Antwort auf die mir im Mai des Jahres 1872 übersandte erste Verlobungsanzeige Ed. v. Hartmann's beweisen:

Leipzig, den 22. Mai 1872.

Verehrter Freund!

Empfangen Sie meine herzlichsten Glückwünsche zu Ihrer Verlobung! Die Empfindungen beim Empfange derselben theilten sich zwischen aufrichtiger und herzlicher Theilnahme und philosophischen Reflexionen. Sie sind nämlich innerhalb 8 Tagen bereits der dritte meiner Freunde, welche mich durch ihre Verlobung überrascht haben und bei denen ich ohne Ausnahme ein solches Ereigniss am allerwenigsten erwartet hätte. Ich habe nämlich schon sehr häufig die Beobachtung gemacht, dass wenn ein unerwartetes und seltenes Ereigniss eintrat, dasselbe sehr bald von einem oder mehreren Ereignissen ganz derselben Art begleitet war, (gleichgültig ob dies ein Eisenbahnunglück oder das Verschütten von Bergwerksarbeitern war)[1]). Das Merkwürdige dabei ist, dass unser bewusstes Erkenntnissvermögen nicht den geringsten causalen Zusammenhang zwischen diesen Ereignissen zu entdecken im Stande ist, während doch das nahe zeitliche Zusammentreffen der Erscheinungen uns zu Bemerkungen wie „es liegt in der Luft" u. dgl. m. veranlasst. Haben Sie vielleicht ähnliche Beobachtungen gemacht?

Mit herzlichem Glückwunsche

Ihr

treu ergebener

F. Zöllner.

Die mir glücklich gelungene Lösung des Problems, die Protuberanzen der Sonne jederzeit ohne totale Sonnenfinsterniss nach meiner am 6. Febr. 1869 der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften mitgetheilten Methode (vgl. oben

[1]) Die eingeklammerten Worte sind in meinem Concepte ausgestrichen. Ich weiss nicht, ob sie in der abgesandten Abschrift des Briefes mit aufgenommen sind.

S. 47) spektroskopisch zu beobachten, hat mir viel anerkennende Zuschriften von hervorragenden Gelehrten eingetragen. Die erste Nachricht von dem bedeutenden Eindruck, welchen meine Abbildungen in England gemacht haben, erhielt ich durch ein sehr schmeichelhaftes Schreiben von dem verstorbenen Geheimrath Professor G. Magnus, der sich Anfangs Juli 1869 zur Theilnahme an der Naturforscher Versammlung der *British Association* in England aufhielt und zuerst durch Herrn Dr. Huggins ein Exemplar meiner Abhandlung zu Gesicht bekommen hatte.

Hierauf bezieht sich der folgende Brief des gegenwärtigen Sekretairs der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Professor Auwers, dem ich gleichfalls ein Exemplar meiner Abhandlung übersandt hatte:

Berlin, 1869 Aug. 1.

Lieber Freund!

Zunächst habe ich Dir herzlich Glück zu wünschen zu dem schönen und überraschend vollständigen Erfolge, den Deine Bemühungen in Betreff der Protuberanzen gehabt haben. Es hat mich aufrichtig gefreut, dass es gerade Dir gelungen ist, das gewünschte Ziel vor den Mitbewerbern in so befriedigender Weise zu erreichen. Am Donnerstag habe ich Deine Mittheilungen der Akademie vorgelegt, und sie sind auch dort mit grossem Interesse entgegen genommen worden; beiläufig bemerkt schien Magnus mit einiger Sicherheit darauf zu rechnen, dass er auch wie seine physikalischen (Collegen)[1]) einen Abdruck erhielte — wenn Du also noch Abdrücke hast, so schicke ihm doch einen, wenn Du nicht besondere Gründe haben solltest es nicht zu thun.

(Hier folgt eine Correspondenz in Redactions-Angelegenheiten der Vierteljahrs-Schrift der Astronomischen Gesellschaft.)

Nun lebe herzlich wohl und sieh in der unreservirten Darlegung meiner den Deinigen entgegenstehenden Ansichten nichts als den Wunsch, unser Einvernehmen, dessen ich mich aufrichtig freue, vor jeder Trübung zu bewahren, wozu freundschaftliche Offenheit gewiss das beste Mittel ist.

Ganz der Deinige

A. Auwers.

Selbstverständlich sandte ich umgehend mit freundlichem Begleitschreiben ein Exemplar meiner Abhandlung an Professor Magnus.

Von Professor Poggendorff erhielt ich in derselben Angelegenheit den folgenden Brief:

[1]) Das eingeklammerte Wort fehlt im Original.

Berlin, 16. Juli 69.

Hochgeschätzter Freund!

Sie haben mir durch Einsendung Ihrer beiden Aufsätze eine angenehme Ueberraschung bereitet. Von dem ersteren hatte mir freilich schon Auwers gesagt, als ich ihm die kurze von Huggins erhaltene Notiz mittheilte, aber ich lernte dadurch Ihre höchst interessante Arbeit doch nur sehr unvollkommen kennen, und ahnte nicht, dass sie sobald in meinen Händen sein würde, um sie den Annalen einzuverleiben, was ich natürlich nicht anders als mit dem grössten Vergnügen thue.

Da die Notiz über die Protuberanzen nicht lang ist, so werde ich sie noch in das Augustheft bringen können.

Bestellen Sie also gefälligst 1050 Abzüge von der Tafel, nachdem auf dieselbe gesetzt ist

oben rechts: Taf. X

unten rechts: Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 137 St. 4.

Haben Sie auch die Güte, Hrn. Dr. Barth von dieser Bestellung zu unterrichten (mit dem Preise wird er hoffentlich einverstanden sein) und lassen ihm die Abzüge nebst der Rechnung zugehen.

Da das Augustheft schon über die Hälfte fertig ist, so bitte ich zugleich dem Lithographen möglichste Eile zu empfehlen.

Den längeren Aufsatz über das Spektroskop werde ich in das Septemberheft bringen, welches auch schon angefangen ist.

Mit Vergnügen sehe ich Ihrer Theorie der Sonnenflecke entgegen. Solche Arbeiten gehören ebensowohl ins Gebiet der Physik als in das der Astronomie, zu welcher übrigens der verewigte Bessel schon einiges Andere als die Bewegungsphänomene gezählt wissen wollte.

Sie haben sich einen dankenswerthen Zweig der Astronomie erwählt und werden bei Ihrem Eifer gewiss noch manch schönes Resultat zu Tage fördern.

Neulich ist in hiesiger Naturforschender Gesellschaft eine Notiz über einen wahrscheinlichen Meteoritenfall in Wurzen vorgelesen.

Ich lege sie bei mit der Bitte, wenn Sie etwas Näheres darüber wissen, mir gefälligst mitzutheilen.

Ihr Freund Valentin ist wohlauf, ebenso seine Eltern, bei denen es jetzt allerdings etwas still hergeht, dafür aber einen Ersatz in dem Gedanken finden, nächstens die Reise nach Freiburg, Zürich und Bonn antreten zu können.

Auch bei mir ist Alles wohl und ebenfalls mit Reisegedanken beschäftigt. Nur wissen wir noch nicht wohin! — Einstweilen pendulire ich zwischen Annalen, Lexikon, Vorlesungen und Holtz'scher Maschine; also Abwechslung genug.

Mit der Bitte mich allen Leipziger Freunden (namentlich dem alten Weber) bestens zu empfehlen

Ihr

Poggendorff.

In Folge des grossen Aufsehens und lebhaften Interesses, welches vor 10 Jahren die glücklich gelungene Anwendung des Spectroskopes auf die Beobachtung der Sonnenprotuberanzen in allen civilisirten Ländern erregte, wurde ich mündlich und brieflich mit Bitten bestürmt, nach meinen Angaben Spectroskope in Leipzig anfertigen und dieselben nach vorangegangener Prüfung absenden zu lassen. Trotzdem im Allgemeinen die Uebernahme derartiger Verpflichtungen eine sehr undankbare zu sein pflegt, da bei einem Misserfolg der Beobachtung die Schuld meistentheils dem Instrumente und nicht der Unbeholfenheit und Ungeschicklichkeit des Beobachters zugeschrieben wird, so empfand ich es doch zugleich als eine Art von Verpflichtung gegen die Wissenschaft und die von mir entdeckte Methode, mich der Uebernahme dieser ehrenvollen Aufträge nicht ganz zu entziehen. Wenn ich heute die umfangreichen Correspondenzen durchblättere, welche ich in dieser Angelegenheit mit deutschen und auswärtigen Astronomen zum Theil in mir nicht geläufigen fremden Sprachen geführt habe, so erscheint es mir selber räthselhaft, wie ich neben meiner amtlichen und sonstigen literarischen Thätigkeit die hierzu erforderliche Zeit habe erübrigen können. Denn ich bin im Allgemeinen ein sehr schlechter Correspondent und benutze daher diese Gelegenheit zu der wiederholten Bitte, meine Unpünktlichkeit oder mein Schweigen nicht als Unhöflichkeit oder Mangel an Interesse für die mir gemachten Mittheilungen zu betrachten. Es ist vielmehr einfach eine physische Unmöglichkeit, bei der heute so erleichterten Communication allen Anforderungen brieflicher Erwiderungen gerecht zu werden. — Unter meiner Leitung wurden in der optischen Werkstatt von Tauber in Leipzig Spectroskope angefertigt für die Kaiserl. Sternwarte in Wien im Auftrage des verstorbenen Directors C. v. Littrow, für die Königl. Sternwarte zu Breslau im Auftrage des Directors Galle, für die Königl. Sternwarte zu Leyden im Auftrage des verstorbenen Directors Kayser, für die Königl. Sternwarte zu Palermo im Auftrage des Hrn. Prof. Tacchini, und für Herrn Professor G. Spörer, der damals noch als Gymnasiallehrer in Anclam, ähnlich wie Herr Lockyer in London,

aus Liebhaberei sich mit Beobachtungen der Sonne beschäftigte. Das hierzu erforderliche Fernrohr verdankte Hr. Spörer der Munificenz des deutschen Kronprinzen, welcher, wie ich glaube, zuerst durch seinen ehemaligen Lehrer in der Mathematik und Naturwissenschaft, Herrn Professor Schellbach[1]), (dessen persönliche Bekanntschaft ich zuerst im Mitscherlich'schen Hause im Jahre 1857 machte), auf Herrn Spörer aufmerksam gemacht worden ist. Nur um an einem Beispiele von vielen andern zu zeigen, mit welcher Geduld ich mich der schriftlichen Belehrung meiner auswärtigen Studenten auf dem Gebiete der praktischen Astrophysik unterzogen habe und wie begründet meine oben angedeuteten Bedenken bei der Uebernahme von Verpflichtungen für die Brauchbarkeit der nach meinen Angaben angefertigten Spectroskope gewesen sind, theile ich hier von den zahlreichen Briefen des Herrn Spörer an mich nur den folgenden mit:

Anclam 17. Oct. 70.

Freundlichen Gruss!

Es ist ganz richtig, wie Sie in dem Schreiben vom 15. aussprechen, dass eine Verschiebung der Prismen die Ursache war.

Am Freitag Abend wurde es klar und ging ich nach meinem Thurm, um auf einen Stern einzustellen. Obwohl ich ganz sicher sein konnte, dass der Stern sich genau in dem erweiterten Spalt befinden musste, war doch nichts zu sehn. Bei den wiederholten Versuchen war der Mond heraufgekommen; ich stellte nun auf den Mond ein, bekam aber nur einen matten Schimmer zu sehn. Demnach schien mir das allerzweckmässigste, für diesen Abend weiter nichts zu thun als — in die Kneipe zu gehn und die Ankunft der mit dem 10 Uhr Zuge ankommenden Zeitungen abzuwarten.

Sonnabend Mittag war ein Sonnenblick, wieder eingestellt; ein heller Streifen war wohl zu sehn, aber doch viel zu matt. Ich nahm nun den Kasten mit nach Hause, denn ich war doch zu neugierig die Ursache zu wissen. Nachdem ich die vielen Schrauben gelöst und auch den Kasten mit den Prismen geöffnet hatte, fand ich die beiden Prismen aneinander und sogar ein wenig übereinander gerutscht. Nun sind die Prismen durch Streifen verbunden und der eine Streifen hatte sich im Bogen zwischen gelegt, so dass fast das ganze Feld gesperrt wurde.

---

[1]) Karl Heinrich Schellbach geb. 1805, Dec. 25 zu Eisleben. Von 1834 bis 1841 Lehrer am Werder'schen Gymnasium in Berlin, seitdem Prof. d. Mathematik und Physik am Friedrich-Wilhelms-Gymnasium daselbst; seit 1843 auch Lehrer der Mathematik an der allgemeinen Kriegsschule. (Vgl. Poggendorff's Biographisch-literarisches Handwörterbuch.)

Den malitiösen Bogen schnitt ich ab und befestigte die Prismen durch seitwärts eingeschobene Tuchstreifen. Nachmittags noch wurde wieder auf die Sonne eingestellt, da war denn auch was zu sehen, die dunklen Spectrallinien deutlich, auch eine recht intensiv helle auftretend — wenn ich den Sonnenrand abmarschiren liess. An dieser Stelle meine ich auch bei erweitertem Spalt eine Protuberanz gesehen zu haben. Viel Zeit konnte ich nicht darauf verwenden, weil ich immer nur Wolkenlücken benutzen konnte.

Ich würde nun den Apparat hier behalten, wenn ich nicht bei einer Schraube Malheur gehabt hätte, aber auch dabei kann ich mir keine Schuld beimessen, denn so wie ich beim Lösen der Schraube den Kopf mit dem Schraubenzieher fasste, fiel der Schraubenkopf ab. Dem Apparat fehlt durch diese (an einer Mikr. Schraube) fehlende Schraube die gehörige Festigkeit und andrerseits kann ich diese nicht hier gemacht kriegen. Es schien mir ferner, dass die Prismen weiter nach vorn gelegen — nachdem ich schon wieder zusammengesetzt hatte, — auch kann ich die Stellung der beiden Marken nicht wieder wie vorher haben. Demnach will ich doch heute den Apparat wieder an Tauber senden, ungern 1) weil der Anfang meiner Beobachtungen verzögert wird, was bei dem ungünstigen Wetter am Ende wenig erheblich, 2) wegen der Kosten. Letzteren Punkt betreffend tröstet mich der Gedanke, dass der gute Tauber den Preis hübsch hoch gesetzt hat.

Ich bitte Sie recht freundlich, dass Sie mir nicht im mindesten verdriesslich sind wegen dieser Geschichte, und um in dieser Beziehung ganz sicher zu sein, wollen wir ein Glas Bier zusammen trinken. Nämlich wenn ich den Apparat wieder hier habe, werde ich Ihnen schreiben 1) betreffend dessen was ich gesehen (also wenn schlechtes Wetter ist erst nach einigen Tagen), 2) betreffend das gemeinschaftliche Seidel, also dass ich Tag und Stunde — Leipziger mittlere Zeit bis auf die Minute — angebe und werde ich Ihnen dann „die Blume kommen", voraussetzend, dass Sie mir dann die Blume nachtrinken. Wollen wünschen, dass wir dann auch recht gute Nachrichten vom Kriegsschauplatz haben. Kann wir denken, dass die Sachsen erfreut darüber sind, dass Ihr Kronprinz eine so bedeutende Stellung bei der Armee erhalten hat. Wir freuen uns auch darüber, dass die anderen Deutschen sehn, wie wir volle Gerechtigkeit den Anderen widerfahren lassen und nicht blos die Preussen oben anstellen. (Neuerdings auch von der Tann). Schon anfangs mag wohl die Sachsen erfreut haben, dass der Kronprinz von Sachsen die preussischen Garden unter sein Kommando bekam.

Der Ihrige

G. Spörer.

Der ehemalige Pommersche Gymnasiallehrer Spörer, welcher mir beim Empfange seines vorstehenden Briefes persönlich noch gänzlich unbekannt war, ist gegenwärtig Professor am Königlich Preussischen astrophysikalischen Observatorium in Potsdam und bezieht ebenso wie Hr. Professor

H. C. Vogel aus Leipzig ein Jahrgehalt von 2500 Thalern nebst freier Wohnung und einem reichlich bemessenen Dispositionsquantum. Vergleiche ich als Königlich Sächsischer Professor an der Landes-Universität Leipzig in materieller Beziehung meine astrophysikalische Carrière mit derjenigen meiner obigen beiden Schüler, so müsste ich eigentlich bei Beherzigung des bekannten Wortes: „Nur die Lumpe sind bescheiden" tief erröthen, falls Excellenz von Goethe statt Excellenz von Gerber Königlich Sächsischer Cultusminister wäre. Denn ich beziehe erst seit 1874 ein Jahrgehalt von 1800 Thalern und seit 1873 ein jährliches Dispositionsquantum von 450 Thalern. Von letzterem sind mir jedoch auf Grund einer Ministerialverfügung vom 19. Febr. 1873 sechs Jahre hindurch „zur Deckung der Anschaffungskosten für Instrumente beim Opticus Merz in München" jährlich 100 Thaler abgezogen worden, so dass ich mich erst seit vorigem Jahre thatsächlich im vollen Genusse des mir im Jahre 1873 bewilligten Dispositionsquantums befinde. Und in diesem Jahre lässt mir nun mein Freund und ehemaliger College Herr von Gerber, trotzdem er weiss, dass ich kein nennenswerthes Vermögen[1]) besitze und hülfsbedürftige Geschwister zu unterstützen habe, in freundschaftlicher Fürsorge für mein materielles Wohl, den Rath ertheilen, freiwillig meinen Abschied zu nehmen, indem es ihm nur unter dieser Bedingung möglich sein würde, mich vor einer Disciplinaruntersuchung[2]) zu schützen und hierdurch vielleicht meine Pensionirung mit vollem Gehalte durchzusetzen. (Vgl. oben S. 758.)

---

[1]) Ein Kapital von 18000 Mark, welches gegenwärtig vollständig zur Herstellung meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" verbraucht ist.

[2]) Wegen der in meinen im vorigen Jahre (1880) erschienenen Schriften: „Ueber den wissenschaftlichen Missbrauch der Vivisection", „Zur Aufklärung des deutschen Volkes" und „Das deutsche Volk und seine Professoren; eine Sammlung von Citaten ohne Commentar" enthaltenen „Beleidigungen" von Collegen. Ich habe bereits oben S. 758 die Thatsache und den bisherigen Verlauf der erwähnten Beschwerde des Senats unserer Universität angedeutet und behalte es ganz meinem Ermessen vor, die weiteren gravirenden Einzelheiten des hierbei gegen mich eingeschlagenen gesetzwidrigen Verfahrens zur Förderung einer sittlichen Reform unserer Universität der Oeffentlichkeit zu übergeben.

In wie weit diese Handlungsweise des Herrn Ministers von Gerber sich in Uebereinstimmung mit der folgenden, von ihm auf dem vorletzten Landtage öffentlich abgegebenen, Erklärung befindet, mögen die Leser und die Redaction der officiellen „Leipziger Zeitung“ entscheiden, welche in ihrer No. 89 vom 15. April 1881 wörtlich wie folgt über jene Rede unseres Cultusministers berichtet:

„Der Minister suchte die Frage zu beantworten, worauf es denn beruhe, dass der Staat Sachsen dem deutschen Vaterlande eine so grosse Leistung bieten könne, dass er im Stande sei, eine solche Universität herzustellen, eine Sammelstelle deutscher Wissenschaft, wie sie ausserhalb Leipzigs nirgends bestehe. Und er durfte sagen, dass es zum guten Theil auf der traditionellen Art und Weise beruhe, wie die Universität von der Regierung behandelt werde.

„„Ich will““, fuhr er fort, „„nur zwei Gesichtspunkte hervorheben, welche, glaube ich, den Kernpunkt enthalten. Der eine ist der, dass die Regierung als die Hauptsache betrachtet, überall den richtigen Mann hinzustellen und diesen in die Lage zu bringen, in der sich sein wissenschaftliches Streben frei entfalten kann; im Uebrigen aber so wenig wie möglich von oben herunter zu regieren. Der zweite Punkt ist der, dass die Regierung bei der Besetzung der Lehrstellen durchaus tendenzlos verfährt. Die Regierung lässt sich einzig und allein von dem Gesichtspunkte der persönlichen Würde und der wissenschaftlichen Auszeichnung leiten; sie fragt daher auch z. B. was die theologische Facultät betrifft, nicht darnach: ob Jemand mehr der orthodoxen Richtung oder mehr der kritischen Richtung angehöre; sondern sie fragt nur darnach: ob er ein ausgezeichneter Gelehrter und eine würdige Persönlichkeit sei. Mit diesen Gesichtspunkten . . ist es möglich gewesen, bei den hervorragenden und bedeutenden Männern, welche die Universität Leipzig vereint, das Bewusstsein zu begründen, dass sie an einer würdigen, von der Regierung wohlgepflegten und nach allen Richtungen freien Stätte deutscher Wissenschaft zu wirken berufen sind, und in der geistigen Atmosphäre, die aus der Wechselwirkung dieser Empfindungen gegen die Haltung der Regierung hervorgegangen ist, findet diese grossartige und schöne Pflanzung ihr bestes Gedeihen.““

„Es wäre wohl vom Uebel, wenn wir dem ein einziges Wort hinzufügen wollten. Wir werden uns wohl der Nothwendigkeit überhoben fühlen dürfen, einen Staatsmann, der so sprechen kann, eine Regierung, die sich bewusst sein darf, ihr Verhältniss zu der Universität ihres Landes in so vornehmem und grossartigem Sinne zu fassen, gegen Angriffe und Beschwerden wie die, von denen hier die Rede ist, zu vertheidigen.“

Um bei meinen Lesern gleich an dieser Stelle die leicht erklärliche, trotzdem aber irrthümliche, Auffassung zu beseitigen, es sei mein persönliches Verhältniss zu dem gegenwärtigen Cultusminister von Gerber ein weniger freundliches gewesen als zu dem früheren Cultusminister von Falkenstein,[1]) erlaube ich mir hier einen Brief zu reproduciren, in welchem mir Herr von Gerber seinen Dank für die Uebersendung und den Inhalt meines Buches „Ueber die Natur der Cometen" ausspricht. Derselbe lautet wie folgt:

Poststempel: Dresden, 11. März 1872.

Mein hochverehrter Herr Professor!

Welch ein schönes Geschenk haben Sie mir in der so überaus gütigen Uebersendung Ihres prächtigen Buchs gemacht! Nehmen Sie dafür meinen herzlichsten, besten Dank. Da ich einem grossen Theil ihres Werkes gegenüber mich als Laie empfinde, so muss ich mich bescheiden, in dieser Beziehung von dem Eindrucke desselben Rechenschaft zu geben. Um so tiefer ist mein Interesse gegenüber demjenigen Theile, welcher sich auf die allgemeine Methode der Naturbetrachtung bezieht. Halten Sie es nicht für Anmassung, wenn ich als Jurist ausspreche, dass Ihre Ansichten und Ausführungen in dieser Beziehung meine innerste und freudigste Theilnahme erregt haben, und dass ich so Vieles von Ihnen ausgesprochen sehe, von dem ich immer gewünscht habe, dass es von so competenter Seite einmal ausgesprochen werden möchte. Wie würde ich mich freuen, wenn mir die Gunst der Verhältnisse wieder einmal gestattet, mit Ihnen persönlich über die wichtigen Fragen von allgemeinster Bedeutung mich besprechen zu können! Und noch Eins. Sie sagen: ich habe keinen Feind! das ist die volle Wahrheit. Möge Ihnen dies seltene Glück durch Ihr ganzes Leben erhalten bleiben!

In grösster und aufrichtigster Hochachtung

Ihr

ganz ergebenster

Gerber.

Um dem vorstehenden Urtheile eines Juristen und deutschen Cultusministers über mein Buch: „Ueber die Natur der Cometen" noch dasjenige eines Astronomen beizufügen, erlaube ich mir hier noch den folgenden Brief des Directors der Kaiserlichen Sternwarte zu Wien, meines verstorbenen

[1]) Am 1. Oct. 1871 wurde Herr von Falkenstein vom verewigten Könige Johann zum Minister des Königlichen Hauses ernannt und die Leitung des Cultusministeriums vertrauensvoll in die Hände seines Nachfolgers, des gegenwärtigen Cultusministers von Gerber gelegt.

Freundes C. von Littrow, zu reproduciren. Es geschieht dies von meiner Seite um so lieber, als ich hierdurch öffentlich ein Zeugniss von dem ungetrübten Fortbestande unserer freundschaftlichen Beziehungen liefern kann, trotz des eigenthümlichen Verlaufs meiner astronomischen Preisbewerbung bei der Wiener Akademie. (Vgl. oben S. 729 ff.)

Verehrtester Herr und Freund.

Ich sage Ihnen meinen innigsten Dank für das schöne Geschenk, das Sie mir durch Hrn. Engelmann zukommen liessen und von dem ich bereits ein Exemplar für die Sternwarte angeschafft hatte. Hoffentlich wird mir bald die Musse zu der nichts weniger als leichten Lectüre, bei der allerdings die — überraschend genug von unserem liebenswürdigen Collegen — eingeflochtenen Sarkasmen zur Erfrischung dienen. Uebrigens hätte ich Ihnen hier mit ganz anderen Prachtexemplaren als Hrn. Hofmann, z. B. in dem jüngst von uns geschiedenen Curiosum Haidinger, aufwarten können, wenn ich gewusst hätte, auf welches Thema die Cometen Sie führen würden.

Mit besten Grüssen an Sie und alle Leipziger, die sich meiner erinnern wollen,

Ihr

ergebenster

Wien, 5. März 1872. C. Littrow.

Der von Herrn von Gerber am Schlusse seines oben mitgetheilten Schreibens ausgesprochene Wunsch bezieht sich auf die folgenden Worte in der vom 27. December 1871 datirten Vorrede meines Buches über die Natur der Cometen S. LXIX:

„Heute noch kann ich, ohne die geringste Besorgniss vor einer Widerlegung, mit gutem Gewissen behaupten, dass ich weder in meinem privaten noch wissenschaftlichen Leben einen einzigen Menschen als meinen Feind zu bezeichnen vermöchte, noch einen solchen, welcher mir diesen Namen auch nur entfernt beizulegen geneigt wäre."

Ueber die Behandlung, welche mir in Folge meines Cometen-Buches von Berliner und Leipziger Collegen zu Theil geworden ist, findet der Leser Ausführliches theils in der „Abwehr" zur 2. Auflage des erwähnten Buches, theils in meiner Schrift: „Zur Aufklärung des deutschen Volkes".[1])

[1]) Um meine Gerechtigkeitsliebe und Dankbarkeit auch den jüdischen Literaten gegenüber jederzeit dort zu bethätigen, wo mir Gelegenheit dazu geboten wird, erlaube ich mir hier die Worte des englischen Sprachlehrers

Ausserdem habe ich mich über diese Vorgänge erst kürzlich in einem ausführlichen Schreiben an den Minister von Falkenstein bei Uebersendung der zweiten Auflage dieses Buches und des 3. Bandes meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ an Sr. Majestät den König Albert wie folgt ausgesprochen:

An
den Königl. Sächs. Staatsminister
Freiherrn Dr. P. von Falkenstein.

Leipzig, den 6. März 1881.

Ew. Excellenz

beehre ich mich, beifolgend den vor zwei Jahren erschienenen dritten Band meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ zu übersenden und demselben die vor neun Jahren (1872) erschienene zweite Auflage meines Buches „Ueber die Natur der Cometen“ beizufügen.

Ueber die Art und Weise, in welcher ich wegen dieses Buches von mir zum Theil persönlich nahe stehenden und nicht angegriffenen Collegen befehdet worden bin, habe ich sowohl in der dieser zweiten Auflage beigefügten „Abwehr“, als auch ausführlicher in dem Ew. Excellenz seiner Zeit übersandten zweiten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ (2. Thl. S. 967 ff. und S. 1062) berichtet. Bei dem hierbei zu Tage getretenen Contrast zwischen den anerkennenden Urtheilen unbefangener und einflussreicher Personen einerseits und der von meiner Polemik betroffenen Kreise andrerseits, wird es Ew. Excellenz nicht ohne Interesse sein, von den beifolgenden brieflichen Documenten in photographisch reproducirten Copien Kenntniss zu erhalten. Sowohl der Brief des Herrn Cultus-

---

und vereidigten Uebersetzers Dr. David Asher in Leipzig zu citiren, mit welchen er mich in der Augsburger Allgemeinen Zeitung v. 12. Dec. 1872 No. 347 (Beilage) gegen meine Berliner und Leipziger Collegen vertheidigt hat. Dieselben lauten wie folgt:

„Drei bedeutende Männer hat man in letzter Zeit versucht als von „„Grössenwahn““ behaftet auszugeben. Sie heissen Schopenhauer, Richard Wagner und Zöllner. Die lebenden werden solchen Anfeindungen selbst zu begegnen wissen und sie Lügen strafen.

Zöllner hat bereits in einer Beilage zur zweiten Auflage seines Werkes „„Ueber die Natur der Cometen““ seinen Gegnern geantwortet. Dass eine solche „„Abwehr““ seinerseits überhaupt nothwendig war, ist ein trauriges Zeichen der Zeit, und beleuchtet auf eine grelle Weise die heutigen Zustände unter den Vertretern der deutschen Wissenschaft. Hier herrscht das *bellum omnium contra omnes* in einem nie vorher gekannten Grad. Und mit welchen Waffen wird dieser Kampf geführt!“

Im Hinblick auf diese Worte und meine Erlebnisse hatte ich bereits damals die Ueberzeugung, dass es zweckmässiger gewesen wäre, die Angelegenheiten der Universität Leipzig als ein Departement des Kriegsministeriums dem Kriegsminister Herrn von Fabrice zu übertragen.

ministers von Gerber, als auch derjenige des vor Kurzem verstorbenen Wirklichen Geheimrathes Dr. Hübel, der ein so langjähriger und treuer Berather im Cultusministerium gewesen ist, während dasselbe sich der umsichtigen und einsichtsvollen Leitung von Ew. Excellenz zu erfreuen hatte, mussten mir in erfreulicher Weise die Gewissheit verschaffen, dass ich mich bezüglich meiner Bestrebungen und Ziele im Einklang mit meiner vorgesetzten Behörde befand. Ebenso erzeugten in mir die zahlreichen sympathischen Zuschriften — (von denen die bemerkenswerthesten von deutschen Professoren verfasst und von mir bereits im zweiten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" (S. 967—978) reproducirt worden sind) — die unerschütterliche Ueberzeugung, allgemein und tief empfundene Schäden in unseren deutschen Universitätskreisen öffentlich zur Sprache gebracht zu haben. Beim Rückblick auf das inzwischen verflossene Decennium und auf die in dieser Zeit nicht nur an unserer, sondern an allen grösseren Universitäten hervorgetretenen bedenklichen Erscheinungen, glaube ich behaupten zu dürfen, dass meine Anschauungen nachträglich durch die Erfahrung bestätigt worden sind. Aber nicht nur die traurigen Prophezeihungen, sondern auch die hoffnungsvollen Aussichten auf eine bessere Zukunft finden zu meiner grossen Freude in dem wieder erwachenden christlich-nationalen Bewusstsein des deutschen Volkes und seiner akademischen Jugend ihre glückverheissende Bestätigung. — Die beiliegenden zwei Briefe aus Göttingen sind von dem inzwischen verstorbenen berühmten Mathematiker Professor Clebsch verfasst, mit dem seiner Zeit auch Unterhandlungen wegen einer Berufung nach Leipzig stattgefunden hatten. Vor Kurzem ist durch die Berufung eines seiner talentvollsten Schüler, des Professors Felix Klein, unserer Universität eine neue und sehr bedeutende Kraft gewonnen worden.

Im Anschluss an meine Schriften gestatte ich mir noch eine im vorigen Jahre in Gemeinschaft mit Professor Wilhelm Weber vollendete Arbeit[1]) beizufügen, welche eine Fortsetzung und Vollendung der vor mehr als dreissig Jahren von ihm in Gemeinschaft mit Gauss in Göttingen begonnenen Arbeiten enthält. Die im Verhältniss zur Wichtigkeit des gelösten Problems nicht bedeutenden Mittel zur Ausführung unserer Arbeit sind, nach einer erfolglos von mir beim Königlichen Cultusministerium beantragten ausserordentlichen Unterstützung, aus der sogenannten „Göttinger Stiftung" bei der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften bestritten worden. Diese Stiftung hatte Wilhelm Weber nach seiner im Jahre 1837 erfolgten Amtsentsetzung als einer der „Göttinger Sieben" begründet, nachdem er von dem hochherzigen König Friedrich August von Sachsen als ordentlicher Professor der Physik an die Universität Leipzig berufen worden war. Um diese Zeit betrug, bei der in ganz Deutschland veranstalteten Sammlung für die vertriebenen Göttinger Sieben, die Summe für Jeden 1400 Thaler, und diese Summe hatte damals Wilhelm Weber als

[1]) Vgl. den Abdruck derselben oben S. 443 ff.

Capital für die erwähnte Stiftung bestimmt. Ueber den Zweck der Stiftung, deren Zinsen bisher niemals zur Verwendung gekommen und daher stets zur Vermehrung des Capitals benutzt worden sind, wird im §. 6 des Statutes wörtlich Folgendes festgesetzt:

„Die Verleihung der Rente soll an keine äusseren Bedingungen geknüpft, sondern blos das Interesse der Wissenschaft in Betracht gezogen werden: sie kann also Studirenden, Privatdocenten und ausserordentlichen Professoren, welcher Universität es sei, sowie jedem Andern, der die Wissenschaft zu fördern die Fähigkeit besitzt, verliehen werden.

Leipzig, den 24. März 1844.

Dr. Wilhelm Weber,
Professor der Physik.

Ich freute mich, durch die uns aus dieser Stiftung gewährten Mittel in der Lage zu sein, die mir gelegentlich einer mündlichen Unterredung mit Dr. Werner Siemens seitens der Berliner Akademie in Aussicht gestellte pecuniäre Unterstützung ablehnen zu können, insofern ich es bei der hohen Blüthe unserer Universität und den so reichlich dotirten akademischen Instituten als eine Demüthigung meines Localpatriotismus empfunden hätte, zur Ausführung einer wichtigen wissenschaftlichen Arbeit die pecuniäre Unterstützung eines andern deutschen Staates in Anspruch nehmen zu müssen. Aus den unvergleichlich viel grösseren Mitteln, welche vor 15 Jahren von der englischen Regierung den englischen Physikern zur Lösung derselben Aufgabe, leider vergeblich, zur Verfügung gestellt worden sind, wird zur Genüge die Wichtigkeit des nun glücklich von Wilhelm Weber mit meiner Unterstützung gelösten Problems, nicht blos für die Wissenschaft, ondern auch für die Elektrotechnik überhaupt, erhellen. Ich glaube aus diesem Umstande die Hoffnung schöpfen zu dürfen, dass, im Falle weitere Mittel für die Fortsetzung unserer Arbeit erforderlich sein sollten, die Königl. Sächsische Staatsregierung im Hinblick auf ihre hervorragende Stellung in der Geschichte des deutschen Geisteslebens dieselben uns nicht versagen wird. Allerdings vermögen nur sachverständige Fachgenossen ein von dem meinigen unabhängiges Urtheil über den Werth unserer Arbeit zu fällen. Da ich mir aber die hervorragendsten unter diesen seit 9 Jahren durch mein Cometenbuch zu unversöhnlichen Gegnern gemacht habe, so bin ich meiner vorgesetzten Behörde gegenüber lediglich auf das persönliche Vertrauen angewiesen, welches ich mir durch meine bisherigen wissenschaftlichen Erfolge und eine 16jährige akademische Thätigkeit an der Universität Leipzig erworben zu haben glaube.

Um mich jedoch wenigstens auf ein mir schriftlich zugegangenes und nicht weniger competentes Urtheil stützen zu können, habe ich mir erlaubt, die photolithographirte Copie eines Briefes des früheren Preuss. Ministerpräsidenten Dr. Ludolf Camphausen (des älteren Bruders des Finanzministers a. D.) beizulegen, welcher sich auf astronomischem Gebiete durch werthvolle Abhandlungen einen wissenschaftlich geachteten Namen erworben hat. Ausserdem beherrscht derselbe das Gebiet der Physik und höheren

Mathematik in einem Umfange, wie man es selten bei Liebhabern der Wissenschaft antrifft, wovon ich während einer fast 10jährigen wissenschaftlichen und freundschaftlichen Correspondenz reichlich Gelegenheit gefunden habe, mich zu überzeugen. Meine erste Bekanntschaft mit dem vortrefflichen und von mir hochverehrten Manne datirt aus dem Jahre 1869, in welchem ich meine Methode zur Beobachtung der Sonnenprotuberanzen in ihrer ganzen Ausdehnung entdeckt und mit unerwartet günstigem Erfolge zur Anwendung gebracht hatte. Herr Camphausen erfreute mich eines Tages durch seinen Besuch in Leipzig, um mir über die nach meiner Methode von ihm selber erzielten Resultate zu berichten, die er auf seiner Privatsternwarte auf einer Besitzung in Rüngsdorf bei Bonn erzielt hatte. Unmittelbar nach dem Erscheinen der ersten Auflage meines Cometenbuches (im März 1872) leistete ich einer freundlichen Einladung Camphausen's nach Rüngsdorf Folge und verlebte dort im Kreise seiner liebenswürdigen Familie vier glückliche Wochen. Zugleich hatte ich das Vergnügen, der Aufstellung eines neuen Fernrohres beizuwohnen, welches, aus der berühmten optischen Werkstätte von Dr. Hugo Schröder in Hamburg hervorgegangen, damals unter Leitung des Verfertigers auf der Privatsternwarte Camphausen's montirt wurde. Von demselben Künstler ist das grosse Fernrohr auf der Privatsternwarte des Kammerherrn v. Bülow in Bothkamp bei Kiel und dasjenige auf dem neu errichteten Königlichen astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam angefertigt worden. Camphausen war damals hocherfreut über die vielen zustimmenden Briefe, welche ich aus Berliner akademischen Kreisen erhalten hatte, besonders über den ersten der beiliegenden Briefe von Prof. E. du Bois-Reymond, — allerdings nur eine kurze Freude, die durch das Eintreffen des zweiten Briefes in Betrübniss und Entrüstung verwandelt wurde. Die in meiner Abwehr abgedruckte Antwort wurde von Rüngsdorf abgesandt und gleichzeitig eine Abschrift derselben an Prof. Alfred Dove gesandt, — (der damals Herausgeber der bei Hirzel erscheinenden Wochenschrift „Im neuen Reich" war und zu meinen „Freunden" gehörte) — mit der Bitte, diese Abschrift und eine Copie des zweiten Briefes von E. du Bois-Reymond bei drei Freunden, die Einsicht vom ersten Briefe erhalten hatten, circuliren zu lassen, welcher Bitte in bereitwilligster Weise entsprochen wurde. —

Die beifolgende, als Manuscript gedruckte kleine Schrift über die „Hofmann-Feier in Berlin" hatte sich des besonderen Beifalles A. Dove's zu erfreuen, und es geschah die Unterdrückung derselben im Texte meines Cometenbuches von meiner Seite gegen seinen Wunsch, lediglich aus persönlicher Schonung für Herrn Professor A. W. Hofmann, der während des Druckes meines Buches seine dritte Frau verloren, sich jedoch über den Verlust derselben bald durch eine vierte getröstet hatte. Professor A. W. Hofmann ist gegenwärtig Rector der Berliner Universität und befindet sich, bei seinem zum grossen Theile durch jüdisch-englische Reclame erworbenen Ruf, der christlich-germanischen Studentenbewegung gegenüber

jedenfalls in einer sehr unbehaglichen Lage. So ereilt aber jeden Schuldigen einst die Nemesis.

Als ich von meinem Aufenthalte beim Minister Camphausen nach Leipzig zurückgekehrt war, um in wenigen Tagen meine Vorlesungen zu beginnen, erfuhr ich zuerst aus dem Munde meines mir zufällig auf der Strasse begegnenden Collegen E. Friedberg,[1]) welche Gerüchte über mich während meiner Abwesenheit von Leipzig erfolgreich durch meine Gegner von Berlin aus in Leipzig verbreitet worden waren. Friedberg fragte mich mit dem Ausdruck offenbarer Theilnahme, wie es mit meinem Befinden stände, in Leipzig sei allgemein das Gerücht verbreitet, ich befände mich im Irrenhause. Bei dem schon damals allgemein bekannten Mangel an gesellschaftlicher Delikatesse des betreffenden Collegen hatte diese Frage trotz ihres überraschenden Inhaltes nichts Verletzendes für mich, so dass ich dieselbe scherzend mit der Bemerkung erwiderte, ich begönne in drei Tagen meine Vorlesungen und würde mich freuen, Herrn Friedberg als Hospitanten in meinem Colleg begrüssen zu können, um ihm Gelegenheit zur Beurtheilung meines Gemüthszustandes zu verschaffen.

Wenige Tage darauf spielten sich die für mich aufregenden Scenen ab, von denen die in der zweiten Auflage meines Buches befindliche Abwehr nur eine schwache Vorstellung giebt. Gelegentlich einer brieflichen Mittheilung dieser Vorgänge fragte ich den Minister Camphausen, ob er mir zu einer strafrechtlichen Verfolgung meiner Verleumder riethe. Ich erhielt hierauf von Camphausen d. d. 3. Mai 1872 die folgende Antwort:

„Ihr Brief hat mich tief bekümmert, wie Sie bei meiner Theilnahme für Sie selbst erwartet haben werden. Wenn ich Ihnen früher einmal schrieb, Sie müssten sich bei Herausgabe Ihres Buches mit einem festen Panzer umgeben, um die zu erwartenden Pfeile abprallen zu lassen, so habe ich doch entfernt nicht an einen Angriff der nunmehr eingetretenen Art gedacht noch denken können. Die Sache ist empörend und zugleich unbegreiflich . . . . Unzweifelhaft würde der Beweis der absichtlichen Ausstreuung der angedeuteten Gerüchte die Thäter der Anwendung des Strafrechtes aussetzen . . .“

Die vorstehenden Worte sind ohne Angabe des Autors in meiner Schrift: „Zur Aufklärung des deutschen Volkes“ S. 18 abgedruckt, welche ich die Ehre hatte, Ew. Excellenz bereits im Juni vorigen Jahres zu übersenden.

Indem ich schliesslich Ew. Excellenz ersuche, die beifolgenden Exemplare meiner Schriften in Prachtband ehrfurchtsvoll Sr. Majestät dem Könige Albert in meinem Namen zu überreichen, schliesse ich mit dem auf-

---

[1]) Derselbe ist im Jahre 1869 von unserer juristischen Facultät, die vor einigen Jahren auch Herrn Eduard Lasker zum Ehrendoctor creirt hat, nach Leipzig berufen und am 22. Juli 1869 als ordentlicher Professor des Kirchenrechtes und des deutschen Rechtes an der Universität angestellt. (Zusatz vom 17. Juli 1881).

richtigen Wunsche, dass es Ew. Excellenz noch lange beschieden sein möge, Sich in ungetrübter Gesundheit des Wiedererwachens des christlichen und patriotischen Geistes an den deutschen Universitäten zu erfreuen und hierdurch zugleich eine Genugthuung für die selbstlose und umsichtige Fürsorge zu erblicken, mit welcher Ew. Excellenz zu allen Zeiten das sittliche und wissenschaftliche Gedeihen der Universität Leipzig gefördert haben. Mit diesem Wunsche verbleibe ich in aufrichtiger Verehrung und

mit vorzüglicher Hochachtung

Ew. Excellenz

ganz ergebener

F. Zöllner.

Auf diesen Brief erhielt ich vom Minister v. Falkenstein die folgende Antwort:

Ew. Hochwohlgeboren

Wunsch entsprechend, habe ich die beilg. Exemplare Sr. Majestät dem König übergeben und derselbe hat mich beauftragt, Ihnen für die bewiesene Aufmerksamkeit aufrichtig zu danken.

Was mich selbst betrifft, so bin ich nicht nur für Ihre Sendung, sondern namentlich auch für Ihren Brief sehr dankbar. Er mit seinen Beilagen hat mich aufklärend und beruhigend einen Blick in die unerfreulichen Verhältnisse thun lassen, in die Sie trotz Ihrer ernsten und erfolgreichen wissenschaftlichen Bestrebungen gekommen sind.

Hoffentlich ist nun diese Zeit gegenseitiger Anfechtungen vorüber; der Geist echter Wissenschaftlichkeit, der den Menschen, bei allem Selbstbewustsein, doch auch zum Vergeben und Vergessen erheben soll, wird siegen, oder schon gesiegt haben, und Sie werden mit der Freudigkeit des wahren Gelehrten Ihre Forschungen fortsetzen. Das ist mein herzlicher Wunsch, der zugleich einen Dank dafür ausspricht, dass Sie meiner auch jetzt noch so freundlich gedacht haben, wo ich nur aus der Vogelperspective die mich so lebhaft interessirenden Universitätsangelegenheiten betrachten kann, und das 80. Jahr, das ich heuer antrete, mich zwingt mehr und mehr nur durch Erinnerung an schön vergangene Zeiten die Vereinsamung zu erheitern.

Ihr

ganz ergebener

Dresden, 25. März 1881. Falkenstein.

Die Vermittelung meines wissenschaftlichen und freundschaftlichen Verkehrs mit dem Minister a. D. Dr. L. Camphausen fand zuerst durch folgenden Brief des verstorbenen ersten Assistenten der Königl. Sternwarte in Bonn statt:

Bonn, 1869 Dec. 2.

Lieber Zöllner!

Vor einiger Zeit war „unser Mitglied“[1]) Geheimrath v. Dechen bei mir im Auftrage des Staatsministers a. D. Camphausen (Bruder des jetzigen preuss. Finanzministers), der in der Nähe von Bonn wohnt und sich mit Astronomie etc. beschäftigt. Dieser war selbständig auf die Idee gekommen, dass man bei Spectral-Beobachtungen der Sterne sehr wohl ein chromatisches Objectiv anwenden könne und dadurch eine bedeutende Kostenersparniss erzielen im Vergleich zu einem achromatischen; ehe er aber in dieser Richtung weiter arbeitete, wünschte er ein sachverständiges Urtheil über die praktische Anwendbarkeit dieser Idee zu hören. Ich entgegnete ihm darauf, dass mir die Idee sehr einleuchtend wäre und ich durchaus keinen Grund sähe, warum es nicht ginge, dass ich aber selbst gar keine Praxis in diesen Fragen hätte, sondern nur theoretisch urtheilte. Andererseits wüsste ich aber, dass Du in einer im Febr. ds. J. der k. sächs. Akad. übergebenen Abhandlung dieselbe Idee erwähnt u. beim Studium einer terrestr. Lichtquelle in Anwendung gebracht hättest.[2]) Diese deine Abhandlung hat Hr. von Camphausen inzwischen gelesen und eben war Hr. v. Dechen wieder bei mir und sagte, Camphausen hätte wohl Lust nach Leipzig zu gehen und mit Dir sich darüber näher zu besprechen, wobei ich bemerke erstens, dass er im Allgemeinen in derartigen Fragen wohl bewandert sein soll (persönlich kenne ich ihn nicht), zweitens dass es ihm nicht darauf ankommt, erhebliche Ausgaben für etwaige Versuche zu machen, wenn gegründete Aussicht dazu ist, dass etwas dabei herauskommt. Ich möchte Dich nun bitten, ob Du mir, wo möglich umgehend, Deine Ansicht darüber mittheilen kannst, eventuell die Schwierigkeiten angeben, die praktisch beim Gebrauche einer einfachen Linse als Objectiv eintreten, und ob Du eine weitere Anwendung dieser Idee, namentlich auf Stellarphysik, für nutzbringend hältst. Ich werde in einem der nächsten Tage, spätestens Montag, mit Hrn. Camphausen zusammentreffen, und möchte Dich dringend bitten, mich so bald wie möglich nach Deiner praktischen Erfahrung zu instruiren, namentlich wenn die weitere Verfolgung Dir nicht fruchtbringend scheinen sollte (was ich kaum glaube).

Gleichzeitig bat mich Dechen, dass ich, falls Camphausen nach Leipzig gehen würde, ihn bei Dir introduciren möchte, was ich hiermit gethan haben will. Was er dort zu sehen und zu besprechen wünscht, wird wesentlich die praktischen Arrangements betreffen; hier in Bonn haben wir gar keinen Spectral-Apparat.

Mit der Bitte, mir sofort zu antworten, grüsst Dich vielmals

Dein

B. Tiele.

---

[1]) D. h. „Mitglied unserer Astronomischen Gesellschaft“, unter deren Vorstandsmitgliedern ich damals das Amt eines Rendanten und Bibliothekars bekleidete.

[2]) Vgl. den obigen Abdruck meiner Abhandlung S. 53.

Hr. Minister Dr. L. Camphausen hat auch die richtige Theorie der in folgendem Briefe Secchi's angedeuteten Beobachtungsmethode der Protuberanzen zuerst eingehend und erschöpfend in einer kleinen anonym erschienenen Schrift: „Ueber die Verbindung des Sonnen-Spectroskopes mit einem Prisma vor dem Objectivglase des Fernrohres oder zwischen Objectivglas und Spalt“[1]) entwickelt. Ich selbst habe mich von der Anwendung dieser interessanten Methode zu wiederholten Malen auf der Privatsternwarte meines hochverehrten Freundes überzeugt und würde mich freuen, wenn mir derselbe im Interesse der Astrophysik und ihrer Geschichte in Deutschland bei einer zweiten Auflage des vorliegenden Bandes meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen die Erlaubniss ertheilen wollte, sowohl die oben erwähnte als auch die als Manuscript gedruckte wichtige Abhandlung: „Die cylindrische Linse im Spectroskop von Camphausen“ im Zusammenhang mit meinen astrophysikalischen Abhandlungen zu reproduciren.

Der oben erwähnte Brief Pater Secchi's an mich lautet wie folgt:

Rome, ce 28 Avril 1871.

Monsieur

M. Schellen[2]) *de Cologne me donne la nouvelle que vous avez fait un travail très intéressant sur la rotation du Soleil. Comme tout ce qui vient de vous est très intéressant pour moi, car je suis engagé à réunir tout ce qui l'est fait de plus important sur le Soleil, je vous prie de me faire savoir où, et comment je pourrai me procurer cet intéressant travail.*

Je viens de trouver un moyen spectroscopique par lequel je pourrai étudier les protuberances, les taches et les facules toutes ensemble dans le même champ de vision. Cela s'obtient tout simplement en mettant un autre prisme à vision directe avant la fente du spectroscope ordinaire a distance suffisante. Je vous enverrai avec plus de detail la description.

---

[1]) Verlag der M. Du Mont-Schauberg'schen Buchandlung in Cöln. (1872).

[2]) Director der Realschule I. Ord. in Cöln, welcher das Werk P. Secchi's „*Le Soleil*“ in's Deutsche übertragen und mit zahlreichen Zusätzen versehen hat. Meine Correspondenz mit Herrn Dr. Schellen über spectroskopische Beobachtungen der Sonne und Sterne ist eine sehr umfangreiche gewesen, und erinnere ich mich stets in dankbarer Gesinnung der vielfachen Anregung, welche ich von ihm empfangen habe.

Ce moyen sera très utile pour mesurer la hauteur des protuberances avec precision. Les raies du spectre peuvent servir elles-mêmes d'échelle micrométrique.

J'ai lu votre superbe travail sur la température du soleil et sa constitution. Mais je dois vous avouer que cette couche liquide incompressible, et d'une densité égale à la moyenne du Soleil, ne s'arrange pas dans mes idées. Est-ce-que avec votre puissance analytique vous ne pourriez pas resoudre le problème des termes plus generaux? Je le crois. Peut-être vous avez déja touché à ce point dans le travail sur la rotation.

Je vous prie d'accepter quelques resumés sur les derniers observations de l'éclipse de Octobre 1870, et je suis

Votre très devoué
P. A. Secchi.

Ein nicht minder interessanter und belehrender Briefwechsel knüpfte sich für mich an das folgende Schreiben des vor einigen Jahren in Berlin verstorbenen berühmten Mikroskopikers und Sekretärs der Kgl. Akademie der Wissenschaften Prof. Ehrenberg:

Hochgeehrtester Herr Professor.

Wenn ich Ihnen mit einer vielleicht wunderlich erscheinenden Anfrage lästig werde, so mögen Sie Ihre grossen und schönen siderischen Entdeckungen mit anklagen, welche mich bei Ihnen einführen. Durch unsern Prof. Foerster ist neuerlich wiederholt auf Spectral-Erfolge beim Nordlicht hingewiesen worden, welche die Linien des Eisens im Nordlicht gezeigt haben, so dass schon direct vom Erglühen von festen Eisentheilchen auch im Vortrage bei der hiesigen Geographischen Gesellschaft die Rede gewesen ist. Da der stark eisenhaltige Passatstaub möglicherweise sich bis zur Höhe des Polarlichts erheben könnte und da die Meinung sehr allgemein auch im Vortrag festgehalten wird, dass das Nordlicht im Substrat die Gestalt von Schaafwolken hat, so habe ich viel Interesse an jenen Spectral-Erfolgen. Ob vor Prof. Foerster schon die Nordamerikaner solche Beobachtungen gemacht haben, kann ich nicht deutlich erkennen. Sehr wahrscheinlich ist mir, dass Ihre glückliche Auffassungsart den Gegenstand nicht unberührt gelassen hat. Die grosse Entfernung und die so gemischte untere Atmosphäre mögen Schwierigkeit für reine entfernte Lichterscheinungen geben, allein Sie beschäftigen sich mit noch viel entfernteren dergleichen, dass bei Ihnen das Norddlicht zur nächsten Nachbarschaft und Hausfreundschaft gehören mag. Keineswegs möchte ich Sie zu einer nüchternen Erläuterung für mich veranlassen, vielmehr begnüge ich mich schon durch Ihre Güte belehrt zu werden, ob die Amerikaner, welche aus Sicilien zurückkamen, diese Vorstellung ausgestreut haben und ob Sie selbst dergleichen Spectral-Erfolge gehabt haben, vielleicht sogar publicirt haben.

Die Anstrengung, welche ich noch beim Lesen und Schreiben habe, möge die schwer leserliche Schrift und Anfrage bei Ihnen entschuldigen. Ihnen alles Gute wünschend, verharre ich in alter grosser Hochachtung

Ihr

ganz ergebenster

Berlin, 17. April 1871. Ehrenberg.

Um einen Beweis zu liefern, wie vielfach mein Rath und meine Hülfe auf dem Gebiete der Astrophysik von deutschen und auswärtigen Astronomen und Physikern in Anspruch genommen worden ist, erlaube ich mir hier von zahlreichen anderen an mich gerichteten Zuschriften nur die folgenden mitzutheilen.

Von dem inzwischen verstorbenen Professor der Physik an der Universität Freiburg i. B., Joh. Müller, dem ich, wie oben S. 730 erwähnt, bei meinem Aufenthalte in Paris die persönliche Bekanntschaft mit hervorragenden Physikern und Mechanikern verdankte, erhielt ich den folgenden Brief:

Werthester Herr Professor!

Mit der Ausarbeitung einer neuen Auflage meiner kosmischen Physik beschäftigt, wäre es mir sehr erwünscht zu erfahren, wo ich wohl eine gute Zusammenstellung der wichtigsten Resultate finden könnte, welche die Beobachtung der letzten totalen Finsterniss geliefert hat, namentlich in Beziehung auf die Spectraluntersuchungen; es würde mir deshalb sehr erfreulich sein, wenn Sie mir darüber einige Auskunft geben könnten. Namentlich wäre es mir auch lieb, wenn Sie mir mittheilen könnten, wohin ich mich zu wenden habe, um eine Photographie der totalen Sonnenfinsterniss zu erhalten, deren ja doch mehrere gemacht worden sind, so auch von der norddeutschen und österreichischen Expedition. Sehr lieb wäre es mir, wenn ich eine solche Photographie vielleicht durch Tausch acquiriren könnte; ich würde dagegen gern eine Rutherford'sche Mondphotographie geben. — Von dem Rutherford'schen Originale hat nämlich ein Berner Photograph eine auf $^2/_3$ verkleinerte photographische Copie gemacht, welche vortrefflich ausgefallen ist und von der ich einige Exemplare besitze. Ich würde gern ein solches gegen eine gute Photographie der Sonnenfinsterniss geben. —

Seit Paris haben wir uns nicht mehr gesehen! Kommen Sie denn gar nicht mehr in unsere Gegend? Ich würde mich sehr freuen, Sie einmal wieder zu sprechen.

Mit herzlichem Gruss

Ihr ergebenster

Freiburg, d. 2. Juni 1869 J. Müller.

Der inzwischen gleichfalls verstorbene Director der Kaiserlichen Sternwarte in Moskau knüpfte durch folgendes Schreiben eine umfangreiche Correspondenz mit mir an:

Moskau, den $^{11}/_{23}$ Aug. 1869.

Hochverehrter Herr!

Gestern Abend erhielt ich No. 1769 der Astron. Nachrichten, in welcher ein Abdruck Ihres Aufsatzes über Protuberanzen aus den Berichten der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig vorhanden ist. Ihr Aufsatz hat mich im höchsten Grade interessirt, da ich in der letzten Zeit, (leider erst seit dem zweiten Drittel des Monats Juli, so dass eine Vergleichung mit Ihren Resultaten nicht möglich war), mich mit den Protuberanzen beschäftigte.

Meine Beobachtungsart ist aber die gewöhnliche, die sehr mühsam und überdies unvollkommen ist. Aus Ihrem Aufsatze ersehe ich, dass Sie sich einer andern Methode bedienen, die Sie der phys.-math. Klasse am 6. Febr. vortrugen. — Da ich den erwähnten Aufsatz hier nicht erhalten konnte, so würden Sie mich sehr verpflichten, wenn Sie mir denselben per Post, natürlich unfrankirt, zuschicken könnten und wollten. — Da ich aber gar keine Idee habe, weder von Ihrer vortrefflichen Methode, noch von dem Instrumente, dessen Sie sich bedienen, so verzeihen Sie mir wohl die Anfrage, ob ein solcher Apparat auch an einem Refractor angebracht werden kann, etwa wie ein Merz'scher Spectral-Apparat, oder Ihr Photometer. Wenn das der Fall wäre, so würde ich Sie bitten, mir sogleich einen solchen Apparat zu bestellen. Herr Ausfeld in Gotha hat mir ein Photometer, passend für meinen Refractor, angefertigt, vielleicht hat er noch das Gewinde, wenn nicht, so kann ich den betreffenden Ring übersenden.

Meine Beobachtungen der Protuberanzen, die freilich neben den Ihrigen unvollkommen zu nennen sind, werde ich in den nächsten Tagen drucken, und Ihnen seinerzeit ein Exemplar übersenden. Natürlich können sie nur eine allgemeine Idee geben, jedoch sah ich einige bedeutende Protuberanzen vor und nach der totalen Sonnen-Finsterniss vom 7. Aug., obgleich das Wetter nicht ganz günstig war.

Da ich Ihre genaue Adresse nicht kenne, so werde ich diesen Brief auf der Leipziger Sternwarte abgeben lassen.

Bitte Herrn Professor Bruhns von mir zu grüssen. Im vorigen Jahre besuchte ich die Leipziger Sternwarte, traf aber leider weder Sie noch Prof. Bruhns zu Hause.

Mit der grössten Hochachtung

Ihr ergebenster
G. Schweizer.

Adr. G. S. Director der Sternwarte auf den drei Bergen in Moskau.

Professor Galle, der Director der Königl. Sternwarte in Breslau, berichtete mir in folgendem Schreiben über seine

Beobachtungen von Protuberanzen mit Hülfe eines nach meinen Angaben in Leipzig construirten Spectroskopes:

Breslau, d. 17. Febr. 1871.

Geehrtester Herr und Freund!

Bereits drei werthvolle Abhandlungen erhielt ich von Ihnen im Laufe der verflossenen Herbst- und Winter-Monate:

über die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne;

über den Einfluss der Dichtigkeit und Temperatur auf die Spectra glühender Gase;

über die Periodicität und heliographische Vertheilung der Sonnenflecken;

ohne bisher zu einer Anzeige des Empfanges gekommen zu sein. Für alle drei Abhandlungen bin ich Ihnen dankbarst verbunden, obgleich für ein detaillirteres Studium mehrere mathematisch-physikalische Partieen mir etwas zu fremd sind. Jedenfalls ist es von grösstem Interesse, von den sich ergebenden Resultaten Kenntniss zu nehmen, in welcher Hinsicht besonders die zweite Abhandlung über die Aenderungen in den Spectrallinien der Gase meine Aufmerksamkeit in Anspruch genommen hat, nebst dem Zusatze über das Spectrum des Nordlichtes. Es scheint mir hiernach, dass bei der Nachweisung der einzelnen Stoffe in den Himmelsräumen doch noch gar mancherlei Vorsicht anzuwenden sein möchte.

Das unter Ihrem gütigen Beirath in Leipzig construirte Spectroskop erhielt ich im vorigen Herbst, als die Sonne bereits in die etwas tieferen Stellungen kam und auch bei leidlich hellem Wetter schon etwas stark in die Dünste der Stadt getaucht war. Die Verwendung desselben für Aufsuchung von Sonnen-Protuberanzen ist daher bis jetzt als missglückt zu betrachten, auch habe ich während der Wintermonate nicht erst Versuche damit angestellt, besonders bei der hier noch kürzlich bis 20° R. gestiegenen Kälte. Ferner will es mir, nachdem ich einigemale mit dem Instrumente operirt habe und die Fraunh. Linien stets sehr schön und scharf bekam, doch scheinen, dass ohne parallactisches Stativ und ohne Uhrwerk diese heiligen Experimente sich nicht werden anstellen lassen. Ein einziges Mal sah ich an einer Stelle des Sonnenrandes die Wasserstoff-Linie hell, allein wie sollte ich die Stelle festhalten oder wiederfinden? Alle Augenblicke ist dann auch das blendende Sonnenlicht wieder hinderlich, so dass längere Beschäftigung damit auf diese Weise dem Auge viel zu anstrengend wird. Wenn ich demnach das Spectroskop zu diesem Zwecke mit benutzen will, dürfte die Anschaffung eines parallactischen Stativs unerlässlich sein, wenn nicht Ihre Güte aus dem Schatze Ihrer Erfahrungen mich eines anderen belehrt.

Ihrem ferneren freundlichen Andenken empfiehlt sich

ganz ergebenst

J. G. Galle.

Von dem Director der Königl. Sternwarte in Palermo, Herrn Cacciatore, erhielt ich in derselben Angelegenheit den folgenden Brief:

Reale Osservatorio
Di Parlermo.
Il Direttore

Parlerme Mars 15/70.

Mon cher Monsieur

Par le moyen de M. T. Wolf j'ai vous fait connaitre mon desir d'acquerir au plus tôt possible, un spettroscope, dont je pourrais me servir pour observer les protuberances dans l'Eclipse de Décembre — mais que je desire d'avoir d'avance pour en fair un peu de practique — M. Wolf m'ai fait lire vôtre reponse, et maintenant je viens à vous prier, mon cher Monsieur, à vouloir fixer chez M. Tauber pour mon compte, l'acquis d'un spettroscope avec les emendations, que vous lui avez introduit, et en même temp je dois vous esprimer mon ardent desir de posséder le premier, qu'il serait pour achever, et le plus tôt possible, avec la déscription des methodes pour en fair des bonnes observations, et m'en servir —

Veuillez, mon cher Monsieur, me rappeller à vôtre memoire, et agréer l'assurance des mes sentiments les plus distingués

Votre très humble serviteur
H. Cacciatore.

Der folgende Brief des Directors der Sternwarte in Neapel beweist, welch edler Wetteifer damals unter den italienischen Astronomen herrschte und es schmeichelte meinem deutschen Nationalgefühl nicht wenig, dass man sich allgemein um Rath an mich und nicht an den berühmten Astronomen P. A. Secchi S. J., Director der Sternwarte des Collegio Romano, wandte. Der Brief des Herrn A. de Gasparis an mich lautet wie folgt:

Naples 14. *Juin* 1870.

A Mr. J. C. F. Zöllner à Leipzig.

Monsieur le Professeur

L'on a besoin de faire pour cet Observatoire, dans le plus court delai possible, l'acquisition d'un spectroscope qui réunit tous les avantages dans les observations à faire sur la surface du soleil. Je vous prie Monsieur de me faire savoir si vous pouvez sous votre direction en faire construire un, et quel serait son prix. Il serait nécessaire que l'appareil portât la pièce par laquelle il puisse être vissé au tube d'une lunette.

Je suis Monsieur avec sincère estime

Devoué A. de Gasparis.

Aus Schweden gelangte der folgende Brief an mich:

Monsieur le Professeur!

Je viens de lire dans les „Astronomische Nachrichten" No. 1769. Votre découverte importante d'une nouvelle méthode d'observer les protubérances du soleil. Occupé, comme je le suis maintenant, d'un petit ouvrage populaire (en Suédois) sur les découvertes nouvelles dans cet astre, je considèrerais comme un défaut irréparable d'y omettre Vos recherches. Ce n'est que pour faire mieux comprendre à mon public toute l'importance de ce Votre travail que je prends maintenant la liberté de demander Votre permission de faire copier pour mon livre par un artiste habile quelques-unes des figures de la planche, adjointe à Votre mémoire, citée ci-dessus. Persuadé, comme je les suis, que Vous ne me refuserez point cette permission, que je viens demander au nom de mon pays, j'ose même Vous prier très humblement d'une vite réponse, attendant que les premières feuilles de mon livre sont déjà sous presse.

Agréez, Monsieur le Professeur, l'assurance de mon estime et de mon respect le plus parfait

Halmstad (Suède (Schweden) 26/8 1870). — *C. F. E. Björling. Lektor.*

Auch in Paris hatte meine Abhandlung mit den Abbildungen von Sonnenprotuberanzen Theilnahme und Anerkennung gefunden, wie der folgende Brief eines eifrigen und verdienstvollen englischen Beobachters der Sonne beweist, der sich damals in Paris bei dem französischen Spectroskopiker Hrn. Janssen aufhielt.

A Monsieur Zöllner Professeur de l'Université à Leipsig.

Paris Hôtel du Louvre 29. Sept. 1869.

Dear Sir

I shall be very much obliged, if you will kindly send me by the Post a copy of your observations „Protuberanzen der Sonne" which I saw at Mr. Janssen this morning. I have occupied myself for some years with the Solar Spots and am much interested in the subject which you have demonstrated

I am

Yours very faithful R. Hodgson.

Auch bei Berufung von geeigneten Persönlichkeiten zur Leitung von Privatsternwarten wurde vertrauensvoll mein Rath in Anspruch genommen. So wandte sich z. B. der Kammerherr von Bülow auf Bothkamp durch Vermittelung

des seiner Familie verwandtschaftlich nahe stehenden Curators der Göttinger Universität, Herrn von Warnstedt, an mich, um ihm eine geeignete Persönlichkeit zur Leitung seiner glänzend ausgestatteten Privatsternwarte zu empfehlen. Ich befürwortete auf's Wärmste Herrn Dr. H. C. W. Vogel[1]) (gegenwärtig Professor am Königlichen Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam), dessen grosses Beobachtungstalent und scharfsinnige Combinationsgabe bei Herstellung physikalischer Instrumente mir durch persönlichen Verkehr und seine Theilnahme an meinen Beobachtungen der Protuberanzen (vgl. oben S. 63) hinreichend bekannt war. Nachdem auch Professor Bruhns meine Empfehlungen unterstützt hatte, erfolgte die Berufung unter höchst liberalen Bedingungen jenes hochherzigen Freundes der Astronomie. Die in Bothkamp verlebten Tage ebenso wie diejenigen in Rüngsdorf bei Herrn Minister Dr. L. Camphausen werden stets zu den angenehmsten Erinnerungen meines freundschaftlichen Verkehrs mit selbstlos die Wissenschaft fördernden deutschen Männern gehören.

Aber auch von hervorragenden und um die Astronomie hochverdienten Engländern wurde mir das gleiche Vertrauen entgegengebracht, wie u. A. der folgende Brief des englischen Spectroskopikers Dr. W. Huggins beweisen mag:

Upper Tulse Hill. S. W.

London, Juli 9, 1870.

My dear Sir,

Lord Rosse is anxious to meet with an assistant to make observations with his telescopes. At his request I write to ask if you know any German who would like the position.

The salary would be from £ 100 to £ 200 per annum according to circumstances. The assistant would be expected to possess a sufficient knowledge of mathematics, especially to have a taste and attitude for astronomical observations. If you are able to recommend anyone you would confer a real favour upon Lord Rosse and also do a service to

---

[1]) Sohn des ehemaligen Leipziger Bürgerschuldirectors Vogel und Bruder des berühmten, in Africa ermordeten Reisenden Eduard Vogel. Die reiche literarische Begabung dieser Familie hat auch auf dem Gebiete der Poesie in der bekannten Schriftstellerin Elise Polko, einer Schwester des obigen Brüderpaares, ihren Ausdruck gefunden.

Astronomy. He may be married or unmarried. Please reply direct to Lord Rosse, I give his address on the other side.

During the last year I have been rebuilding my observatory to prepare it for the new 15 inch telescope, which I expect now in two or three weeks.

We are getting up an expedition to view the solar Eclipse in December. It is expected the government will lend one or tow shefs to convey observers to Spain and perhaps to Sicily.

Yours very truly
William Huggins.

Im folgenden Jahre (1871) versammelte sich die „Astronomische Gesellschaft" in Stuttgart und machte am 16. September einen Ausflug nach Weil der Stadt, woselbst im „Gasthaus zur Post" das Festmahl eingenommen wurde. Während des Mahles traf ein Telegramm von Prof. Lockyer aus London an mich ein, in welchem ich von der englischen Regierung eingeladen wurde[1]), mich an der von ihr nach Indien zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss abzusendenden Expedition zu betheiligen. Meine am folgenden Tage aus Stuttgart abgesandte Antwort an Herrn Lockyer lautete wörtlich wie folgt:

An Herrn Professor Lockyer
in London.

Stuttgart, d. 16. Sept. 1871.

Hochgeehrter Herr!

Die telegraphische Einladung zur Theilnahme der von Ihrer Regierung nach Indien zu entsendenden Expedition habe ich gestern erhalten. Zu meinem aufrichtigen Bedauern bin ich jedoch nicht im Stande, dieser ebenso ehrenvollen als verlockenden Aufforderung Folge zu leisten, da meine Zeit gegenwärtig durch die Vollendung eines grösseren Werkes in Anspruch genommen ist, an welchem bereits gedruckt wird und an dessen schnellem Erscheinen mir viel gelegen ist. Abgesehen hiervon glaube ich aber auch, dass der Beitrag, welchen ich zu den Beobachtungen der Finsterniss liefern könnte, nur ein geringer sein würde, da durch Ihre Theilnahme an der Expedition bereits für einen ebenso geschickten als umsichtigen Beobachter gesorgt ist.

Indem ich Sie ersuche, Ihre Regierung von dem Inhalte dieses Schreibens in Kenntniss zu setzen, spreche ich Ihnen zugleich mein Bedauern aus, dass Ihre Absicht, nach Stuttgart zu kommen, vereitelt und mir dadurch das Vergnügen, Ihre persönliche Bekanntschaft zu machen, geraubt worden ist.

Mit Hochachtung
Ihr
F. Zöllner.

---

[1]) *„Le gouvernement Anglais vous invite"* lautete der Anfang des Telegramms.

Das in vorstehendem Briefe erwähnte „grössere Werk“ war mein Buch „über die Natur der Cometen“, dessen Manuscript ich bis auf die Vorrede vollständig vollendet in Leipzig zurückgelassen hatte.

Herr Professor Lockyer hat sein lebhaftes Interesse an diesem Buche bald nach dessen Erscheinen durch eine anonyme[1]) Kritik in der von ihm redigirten englischen Zeitschrift „*Nature*“ (Vol. VI. p. 177. July 4. 1872) zu erkennen gegeben. Zur Charakteristik dieser Kritik erlaube ich mir hier folgende Stellen anzuführen:

„*There lies before us, as we write, a work of exceptionally high merit as a mere literary composition, intitled,* „Ueber die Natur der Cometen, Beiträge zur Geschichte und Theorie der Erkenntniss. Von J. C. F. Zöllner, Professor an der Universität Leipzig“ .... *For, after the nucleus of the work, comes a long and ferocious attack upon John (sic) Tyndall's Cometen-Theorie, which may in the natural course of events draw down on poor Zöllner a castigation he will never live to forget.*

In the words of Bürger, who imagined his prototype in a much less perilous position —

O Zöllner! O Zöllner! Entfleuch geschwind!

... To understand the bearing of the above passage, which is simply a literal assertion of

Deutschland, Deutschland über Alles
Ueber Alles in der Welt,

the reader must refer to the preface, where he will find (along with much metaphysics) a war-dance over the mangled scientific reputation of Sir W. Thomson.

The celebrated „moss-grown fragments from the ruins of another world“ was a joke taken in earnest by many even in this country; so we can hardly blame Prof. Zöllner for falling into the trap.[2]) ...

A sentence from Prof. Tait's address to Section A, last August is used as a sort of weapon against British scientific men. ...

Zöllner goes further, and accuses the authors[3]) *of the work of discourtesy to Weber. ...*

---

[1]) Mir wurde die Autorschaft Lockyer's in einem Gespräch mit Herrn Dr. Anton Dohrn, dem Gründer der zoologischen Station in Neapel, bei seiner Durchreise durch Leipzig verrathen, und zwar auf mein mit Erstaunen wiederholtes Befragen in so kategorischer Form, dass jeder Zweifel bei mir beseitigt wurde.

[2]) Vgl. die Erwiderung in meinen „Wissensch. Abhandl.“ Bd. I. S. 324.

[3]) W. Thomson & P. G. Tait nebst Helmholtz & Wertheim

It would next be our task to show how heartily Helmholtz is pitched into for having sanctioned by his name the German translation of the work in question, and for his worthy recognition of Sir W. Thomson's scientific discoveries; but enough — Deutschland über Alles, *and down with every Deutscher who sees aught to admire or to respect beyond the limits of Germany!*"[1])

[1]) Von durchaus glaubwürdiger und sachkundiger Seite ist mir mitgetheilt worden, dass Hr. Helmholtz vor längerer Zeit in der Berliner Akademie als geeigneten Director des deutschen Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam den englischen Liebhaber der Astronomie Lockyer vorgeschlagen habe, nachdem sich die Verhandlungen mit dem Director des Kaiserl. Russischen meteorologischen Centralobservatoriums, Herrn Prof. Wild, einem gebornen Schweizer, zerschlagen hatten, u. A. wegen der energischen Opposition des alten Dove, den Herr Prof. Wild in einer Abhandlung „über den Föhn" als einen wissenschaftlichen „Pamphletisten" bezeichnet hatte. Was mich selber als Candidat für jene Stelle betrifft, so wurde mir bald nach dem Erscheinen meines Cometenbuches von einem Freunde in der Nähe Posens ein Ausschnitt der „Posener Zeitung" übersandt, welcher in einer von Berlin aus inspirirten Correspondenz die Bemerkung enthielt: „der einzige, durch seine wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiete der Astrophysik geeignete Mann für die Directorstelle des astrophysikalischen Observatoriums ist Prof. Zöllner. Derselbe hat sich jedoch durch sein Cometenbuch in den betreffenden Kreisen vollkommen unmöglich gemacht." Mit lebhafter Befriedigung über das mir öffentlich ausgestellte Attest bezüglich meiner wissenschaftlichen Qualification betrachtete ich auch den zweiten Theil jener Notiz als ein Lob der Stärke meiner sittlichen Empfindungen, indem sich jene Berliner Kreise offenbar zuerst bei mir unmöglich gemacht und auf diese Weise zwischen uns eine so vollständige Scheidung der „Kreise" bewirkt haben, dass ich bei Erinnerung an das deutsche Sprichwort: „Sage mir mit wem du umgehst und ich will dir sagen, wer du bist" niemals zu erröthen Gelegenheit haben werde. Dass ich selber Hrn. Prof. H. C. Vogel, einem Sachsen und geborenen Leipziger, die betreffende Stellung wünsche, und zwar lediglich im Interesse einer würdigen wissenschaftlichen Repräsentation des deutschen astrophysikalischen Observatoriums bei Potsdam, habe ich bereits oben S. 544 ausgesprochen.

Vielleicht wird mir durch diese uneigennützige und selbstlose Bethätigung meines sächsischen und speciell Leipziger Localpatriotismus dereinst dasselbe Glück zu Theil, dessen sich gegenwärtig mein mehrfach erwähnter (vgl. oben S. 131) liebenswürdiger Namensvetter Julius Zöllner zu erfreuen hat. Nach einer mir gestern (23. Juli) auf der Bibliothek von unserm philosophischen Decan F. Zirkel in Gegenwart des Oberbibliothekars Prof. Krehl gemachten Mittheilung soll der vor Kurzem verstorbene reiche Banquier Seyfferth meinem Namensvetter aus Dankbarkeit für genossene Unterhaltung und naturwissenschaftliche Belehrung ungefähr

Es wird mir schwer zu glauben, dass Herr Lockyer die obige Kritik ohne Beihülfe eines Deutschen verfasst habe. Denn dass die Feinfühligkeit eines Engländers so weit reichen sollte, um in meinem vor 10 Jahren erschienenen Cometenbuche bereits das heutige Schlachtlied der Antisemiten: „Deutschland, Deutschland über Alles" zu wittern, möchte ich bezweifeln. Auch glaube ich nicht, dass Herr Lockyer, hätte er wirklich das Bürger'sche Gedicht gekannt und verstanden, in welchem die obigen Worte: „O Zöllner, O Zöllner entfleuch geschwind!" vorkommen, durch die Anspielung auf „das Lied vom braven Manne" bewusst seine Zustimmung zu meinem Auftreten gegen das englische wissenschaftliche Streberthum und dessen unbesonnenen Import nach Deutschland ausgesprochen haben würde.

Um jedoch Herrn Lockyer auch das Urtheil eines deutschen Liebhabers der Astronomie über mein Cometenbuch vorzulegen, dessen persönliche Liebenswürdigkeit und literarischen Verdienste um die Verbreitung astrophysikalischer Kenntnisse er wahrscheinlich ebenso wie ich selber aus eigener

---

108 000 Mark vermacht haben, also beinahe die Summe, welche durch Juden und Judengenossen für den armen, alten Prof. Mommsen gesammelt worden ist. Gleichzeitig erfuhr ich, dass Herr Julius Zöllner gegenwärtig bei Herrn Prof. Zirkel mit einer mineralogischen Promotions-Arbeit beschäftigt sei. Es wäre mir bei den vielfach vorgekommenen Verwechselungen mit dem „schönen" Zöllner, der nun wahrscheinlich auch noch der „reiche" Zöllner genannt werden wird, sehr unangenehm, auch im vorliegenden Fall wieder das Opfer einer solchen Verwechselung zu werden. Denn §. 48 unseres neuen, vom Cultusminister von Gerber am 15. März 1880 bestätigten Universitätsstatutes lautet wörtlich:

„Professoren können nur auf ihren Antrag pensionirt werden. Die Höhe der Pension unterliegt der Uebereinkunft zwischen dem Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts und dem zu pensionirenden Professor."

Gesetzt nun, es träte bei zunehmender Corruption an unseren deutschen Universitäten der von mir in meiner Schrift „Ueber den wissenschaftlichen Missbrauch der Vivisection" (S. 381) angedeutete Fall ein, so würde offenbar „die Höhe der Pension" wesentlich durch die ministerielle Vorstellung von meiner materiell günstigen oder ungünstigen Lage bestimmt werden. Eine Verwechselung mit meinem Namensvetter, dem „reichen Zöllner", könnte daher in diesem Falle im höchsten Grade verhängnissvoll für mich werden.

Erfahrung zu schätzen wissen wird, lasse ich hier zwei Briefe von Herrn Director Dr. Schellen in Cöln an mich folgen. Der erste Brief lautet wie folgt:

Cöln, den 5. März 1872.

Direction
der Realschule 1. O.
Cöln.

Geehrtester Herr Professor!

Vorgestern erhielt ich in Ihrem Auftrage ein Exemplar Ihres Werkes „Ueber die Natur der Cometen"; ich sage Ihnen vorab für die freundliche Zusendung meinen besten Dank.

Ungeachtet meiner gerade jetzt beim Abschlusse des Wintersemesters sich drängenden amtlichen Arbeiten habe ich nicht unterlassen können, mehrere Stunden in demselben zu lesen und diese Stunden waren für mich sehr genussreich. Die Abhandlung von Olbers war mir bekannt; die von Bessel besitze ich nur in ihrem wesentlichen Inhalte als zwei ausgezeichnete Vorträge Bessels, die nach seinem Tode unter dem Titel „Populäre Vorlesungen" von Schumacher herausgegeben worden sind. Es ist sehr verdienstlich, dass diese beiden Abhandlungen von Olbers und von Bessel nun leicht zugänglich sind, um so mehr, als sie positive, nicht mehr zu bezweifelnde Thatsachen, z. B. über die Licht- oder Materieausströmung, über das Umbiegen derselben i. e. repulsive Wirkung der Sonne, über die eigene Lichtentwickelung u. s. w. enthalten, an welche sich jede Hypothese über die Beschaffenheit der Cometen wird anschliessen müssen.

Aus sehr anzuerkennenden Motiven haben Sie Tyndall und Thomson angegriffen, die beiden Koryphäen der englischen Naturforscher. Welche Polemik haben Sie sich damit auf den Hals geladen! Wir Deutsche werden Ihnen unsern Dank für die unerbittliche Logik, mit welcher Sie die beiden englischen Physiker ins Gebet nehmen und ihren unwissenschaftlichen Hypothesen die Pistole auf die Brust setzen, nicht versagen; allein Sie haben sich mit Ihrer scharfen, wenn auch sehr gerechten, Kritik ein grosses Lager von Gegnern zum Kampfe wachgerufen, die Ihnen noch manche Stunde fruchtloser Entgegnung kosten werden. Nun! Sie werden Sich das Alles selbst gesagt haben und den Kampf nicht scheuen; Ihre Waffen sind jedenfalls denen der Engländer überlegen. Ich werde heute weiter lesen und lege einstweilen alle andere Arbeit auf Seite.

Herr Camphausen reist heute nach Berlin und kommt dann nach Rüngsdorf; vielleicht wird er Sie besuchen; ich wünsche lebhaft für den alten Herrn, dass er recht bald in den Besitz seines Aequatorials komme; für ihn ist der Verlust eines Jahres doppelt empfindlich.

Mit vorzüglichster Hochachtung und mit freundlichem Grusse

Ihr

ergebenster

D. Schellen.

Der zweite Brief, den ich nach Uebersendung meiner „Abwehr“ von Herrn Director Schellen erhielt, war folgender:

Cöln, den 2. Juli 1872.

Direction
der Realschule 1. O.
Cöln.

Geehrtester Herr Professor!

„Ihre Worte „zur Abwehr“ habe ich mit gemischten Empfindungen gelesen: mit Bedauern, dass deutsche Gelehrten zu den gemeinen und niedrigen Waffen der Verdächtigung und Verleumdung greifen und ihre Angriffe gleich den Wegelagrern aus finsteren Verstecken oder mit maskirtem Gesicht gegen ihren Gegner richten; mit Bedauern ferner, dass Sie Ihre Zeit auf die Abwehr so zweifelhafter Freunde verwenden müssen, wie sie in Du Bois-Reymond und dem schonungslosen Briefschrieber von S. VIII hervortreten; mit Freude dagegen, dass Sie den Stier bei den Hörnern anfassen und die Besorgniss der „Freunde“ bezüglich der Unzurechnungsfähigkeit und das unzarte Hineinziehen Ihrer Familie mit Muth der Oeffentlichkeit übergeben. Wie wohl Sie gethan haben, von diesen eigentlich doch sehr delicaten Dingen öffentlich zu reden und damit dem Publicum den Nachweis zu liefern, dass Sie Kraft genug besitzen, um auch die gemeinen und verleumderischen Angriffe auf ihr Nichts zurückzuführen, davon zeugt der Umstand, dass dieser nichtswürdige Vertheidigungsversuch Ihrer Gegner bereits den Weg über den Kanal in das Lager der befreundeten Clique gefunden hat. Ein Herr aus London, der seinen Namen nicht genannt haben will, weil er mit Tyndall, Maxwell, Tait, Thomson wie früher mit Hofmann sehr viel verkehrt, schreibt mir unter dem 22. Juli wörtlich Folgendes: „„Ueber Tyndall sind hier alle Stimmen längst einig. Seine Cometentheorie wurde gleich beim Erscheinen belächelt und bespöttelt und manche seiner Extravaganzen entschuldigt man mit seinem irländischen Blute. An Tiefe weit hinter Leuten ersten Ranges stehend, hat er ganz hübsche Untersuchungen gemacht und hat insbesondere die Gabe populär und fasslich zu machen, was an und für sich schwierig ist. — Hofmann hatte schon bei seinem Hiersein manche Gegner und war schon vor 15 Jahren im Anschauen seiner eigenen Vortrefflichkeit ziemlich tief versunken. . . Mit 5 oder 6 Herren habe ich über Zöllner's Buch gesprochen, von denen Keiner es kannte; einer sagte mir: „in dem Buche sähe man Zeichen einer beginnenden Geisteskrankheit *(incipient insanity)*, daher habe er dasselbe nicht weiter gelesen.“ . . . . Mit freundlichem Grusse

Ihr ergebenster
D. Schellen.

Diejenigen meiner Leser, welche sich aus psychologischem und culturhistorischem Interesse für die sittlichen Zustände in den höheren wissenschaftlichen Kreisen unserer modernen

Gesellschaft interessiren, erlaube ich mir auf die ausführliche Darstellung meiner Erlebnisse zu verweisen, welche ich in meinen „Wissenschaftlichen Abhandlungen" (Bd. II. Thl. 2. S. 1076 ff.) wahrheitsgetreu veröffentlicht habe.

Dagegen mögen hier zum genaueren Verständniss der Schlussworte des oben mitgetheilten Briefes nur die folgenden Worte aus meiner „Abwehr" reproducirt werden, welche die zweite Auflage meines Cometenbuches (1872 Mai) begleitete:

„Zur Beurtheilung der grossen Verbreitung jener merkwürdigen Gerüchte, welche diesen Manifestationen als Basis dienten, war es mir jedoch von grösstem Interesse, gleich beim Beginne meiner Vorlesungen im Sprechzimmer einen Collegen[1]) zu begrüssen, welcher mir von seinem, während der Osterferien unternommenen Ausfluge nach Berlin und einer dortigen Begegnung mit Hrn. Geheimrath Helmholtz erzählte. Letzterer habe in einer grösseren Gesellschaft[2]) ganz unumwunden geäussert, man habe mich in Berlin gleich nach dem Erscheinen meines Buches für „krank" gehalten; aber man wisse jetzt, dass Professor Kolbe dahinter stecke und ich nur vorgeschoben sei; er (Helmholtz) habe sich indessen mit Herrn Hofrath Wiedemann in Leipzig in Correspondenz gesetzt. Im übrigen seien in meiner Cometentheorie viel gröbere physikalische Verstösse als in derjenigen von Tyndall. — Ich fragte meinen Collegen, ob ich diese Mittheilung als eine vertrauliche zu betrachten hätte oder nöthigen Falls weiteren Gebrauch davon machen könnte. Mir wurde die Antwort zu Theil, dass durchaus kein Grund zu einer besonderen Discretion vorliege, da diese Bemerkungen von Herrn Geheimrath Helmholtz in Gegenwart noch mehrerer anderer Herren in einer grösseren Gesellschaft laut und vernehmlich ausgesprochen worden seien."

Zur Charakteristik der sittlich schwülen Atmosphäre der Berliner akademischen Kreise, in denen solche Blasen von Sumpfgas aufsteigen, sei mir gegenwärtig die Mittheilung gestattet, dass auch Herr Helmholtz sich bei ihm nahe stehenden akademischen Collegen einer ähnlichen Theilnahme für seine psychische Gesundheit zu erfreuen hat, wie er dieselbe für mich in so reichem Maasse an den Tag gelegt hat. Mir wurde diese ganz unerwartete Mittheilung von meinem hochverehrten Freunde Poggendorff etwa ein Jahr vor seinem Tode gemacht. In der That, erwägt man das eigen-

[1]) Professor A. Nissen, gegenwärtig Professor des Criminalrechtes a. d. Universität Strassburg i/E.

[2]) Bei dem inzwischen nebst Frau verstorbenen Capellmeister Eckardt.

thümliche und in wesentlichen Punkten übereinstimmende Verhalten des Herrn Helmholtz gegen Schopenhauer, Robert Mayer, W. Weber, E. Dühring und mich, so wird man psychologisch zu der Annahme gezwungen, dass Herr Helmholtz, unbeschadet einer hohen Entwickelung seiner Intelligenz, stiefmütterlich von der Natur bezüglich seines sittlichen Empfindungslebens bedacht worden sei. Ebensowenig wie man von einem Farbenblinden die Unterscheidung von Roth und Grün zu verlangen berechtigt ist, ebensowenig kann man von einem moralisch Blinden die Unterscheidung von Recht und Unrecht verlangen. Solche individuellen Verschiedenheiten haben für sich betrachtet allerdings nur ein rein persönliches Interesse. Sie werden aber für weitere Kreise im höchsten Grade bedeutungsvoll, sobald die Träger derartiger Anomalien hervorragende und einflussreiche Stellungen im Staate bekleiden. Dann wird es unter Umständen zu einer patriotischen Pflicht, die verhängnissvollen Folgen derartiger Anomalien zu bekämpfen und ihre Ursachen öffentlich darzulegen. Ebenso wie farbenblinde Beamte bei Ausübung des optischen Telegraphendienstes auf Eisenbahnen oder Schiffen den leiblichen Untergang vieler Menschenleben verschuldet haben, ebenso können moralisch blinde Staatsbeamte den sittlichen Untergang vieler arglos ihrer Leitung vertrauenden Menschen verschulden.

Der Beweis von der Existenz derartiger Anomalien unseres Empfindens kann, wie bei Charaktereigenschaften, nur durch die häufige Wiederholung gleichartiger Handlungen unter ähnlichen Umständen geführt werden. Um nun Herrn Helmholtz bei dieser Gelegenheit den Beweis zu liefern, dass zwischen ihm und seinem englischen Freunde Sir William Thomson nicht nur intellectuelle Analogien auf dem Gebiete mathematisch-physikalischer Hypothesenbildung, sondern auch moralische Analogien bezüglich der Achtung und Anerkennung wissenschaftlicher Eigenthumsrechte bestehen, lasse ich hier den wörtlichen Abdruck eines Briefes folgen, welchen Herr Professor F. Kohlrausch[1]) bei Rücksendung

[1]) Gegenwärtig Professor der Physik an der Universität Würzburg; früher Professor der Physik am Polytechnikum in Darmstadt.

einiger Abbildungen von Protuberanzen (unmittelbar nach dem Erscheinen meines Buches über die Natur der Cometen), an mich gerichtet hat.

Darmstadt, 6. März 1872.

Verehrtester Herr College!

Nebst allerbestem Danke erfolgen beiliegend die freundlichst übersandten Bilder zurück, nachdem acht von ihnen, in dem ebenfalls angefügten Maassstabe copiert, ich darf sagen einen sehr grossen Eindruck auf das Publicum gemacht haben. Sollten Sie gelegentlich von diesen Vergrösserungen Gebrauch machen können, so stehen sie Ihnen gern zu Diensten. Leider sind die Originale durch das Copieren nicht intact geblieben, insbesondere bitte ich den einen Sonnenfleck am Rande gütigst zu verzeihen. Hoffentlich erhalten wir bald auch den Text.

In hohem Maasse haben mich Ihre Cometen interessirt, von denen mich der irdische Theil unwiderstehlich festgehalten hat, während ich das ausführliche Studium des himmlischen mir auf eine Zeit mit mehr Musse vorbehalten muss. Ich bewundere die Kühnheit, mit welcher Sie allt diese Dinge aussprechen. Habe ich auch kein begründetes Urtheil, weil mir die Persönlichkeiten zu wenig bekannt sind, so muss ich doch gestehen, dass ich in vielen Dingen instinctmässig ein ähnliches Gefühl schon lange hege. Mit inniger Freude habe ich Ihre Worte über Weber schon einigemal gelesen, den Sie in wenigen Worten unübertrefflich schildern. Gegen Thomson habe ich eine persönliche Abneigung lediglich wegen einer ganzen Reihe von Publicationen, in denen er Arbeiten Anderer dem Englischen Publicum auftischt, ohne deren Namen zu nennen. Dabei muss man oft den Scharfsinn bewundern, welcher den Dingen immer eine neue oft auch eine bedeutendere Seite abgewonnen hat, aber an einem so eminenten Kopfe nimmt sich die unschöne Charakter-Eigenschaft um so widriger aus. Denn bei so oft wiederholten Handlungen derselben Art darf man kaum an einen Zufall denken.

Was Ihre Beschreibung von dem Lebenslauf eines jetzigen angehenden Naturforschers (S. XII) betrifft, so werden Sie damit allerdings Manchen verletzen, ganz abgesehen von dem „günstigen Wind“ nebst Zubehör. Dass die Mehrzahl diesen Gang geht, ist doch wohl unvermeidlich, denn zur Speculation gehört in erster Linie der geeignete Kopf. Wem dieser, wie z. B. mir, fehlt, dem bleibt nichts übrig, als die niedrigere Arbeit der Material-Vermehrung zu thun und den höher Begabten bescheiden zuzuschauen. Ich betrachte es aber als eine Segnung, dass noch immer die grössere Anzahl der Physiker sich mit der niederen Arbeit genügen lässt und sich ihrer nicht schämt, denn die Menge macht hier das Resultat. Die Verachtung des Ameisenfleisses würde noch jetzt die Naturwissenschaft bald ruiniren können. *Suum cuique!*

Im Uebrigen wünsche und hoffe ich sehr, auch Ihre Arbeit in diesem Sinne bald einmal persönlich anschauen zu können, denn Ihre Bilder haben

mich doppelt lüstern gemacht, eine Sonnenprotuberanz mit eigenen Augen zu sehen. Sollte ich also bei heiterem Himmel einmal bei Ihnen antreten so hoffe ich auf Ihre Freundlichkeit und Ihr Mitgefühl für fremde Neugier.

Noch einmal meinen herzlichen Dank!

Ihr

ergebenster
F. Kohlrausch.

Im Anschluss an den vorstehenden Brief lasse ich hier die beiden Briefe meines verstorbenen Freundes Professor Clebsch folgen, welche bereits in dem oben (S. 777) mitgetheilten Briefe an den Minister von Falkenstein erwähnt und demselben in photographisch-facsimilirten Copien übersandt worden sind. Der erste Brief enthält eine Antwort auf eine noch vor dem Erscheinen meines Buches über die Natur der Cometen an Prof. Clebsch gerichtete Anfrage, ob Herr Helmholtz wirklich Kenntniss von einer bereits ein Jahr früher von W. Weber veröffentlichten Abhandlung erhalten habe, in welcher Letzterer in sehr eingehender Weise die gegen sein Gesetz von Thomson und Tait erhobenen Einwendungen behandelt und für jeden Sachkundigen schlagend widerlegt hat.

Herr Helmholtz hatte alsdann doppelt die Verpflichtung, in dem von ihm gemeinschaftlich mit dem Frankfurter Juden G. Wertheim übersetzten und nach seiner ausdrücklichen Erklärung „wesentlich für Lernende bestimmten" Werke von Thomson und Tait die darin enthaltenen Worte über Weber's Theorie[1]) zu unterdrücken oder wenigstens durch einen Zusatz der Uebersetzer abzuschwächen. Die Antwort, welche ich von dem Mathematiker Professor Clebsch auf meine Anfrage erhielt, war folgende:

Göttingen, d. 3. Januar 1872.

Verehrter Freund!

Ein herzliches Prost Neujahr zuvor! Die Stelle in Thomson und Tait, welche Sie so entrüstet hat, ist mir sehr wohl bekannt; ich habe sie schon bei meiner letzten Anwesenheit in Leipzig Neumann gezeigt und meine Meinung darüber nicht zurükgehalten. Ich glaube, dass ein

[1]) Vgl. „Handbuch der theoretischen Physik" von Sir William Thomson und P. G. Tait. Autorisirte deutsche Uebersetzung von Dr. H. Helmholtz und G. Wertheim (Braunschweig 1871). S. 381 ff.

durch den nöthigen Hochmuth motivirter frevelhafter Leichtsinn noch das Einzige ist, was zur Entschuldigung der Sache gesagt werden kann, namentlich auch dafür, dass die Vorrede keine Silbe über diesen Punct enthält. Weber hat (ich habe ihn nochmals darum gefragt) sogleich seine Abhandlung an Helmholtz geschickt, als sie erschienen war, also wohl Anfang März; dann in den Osterferien war Weber in Berlin und hat damals verschiedenen andern (Kronecker, Poggendorff etc.) noch seine Arbeit gegeben, sowie auch mit Helmholtz, wenn auch nur flüchtig und oberflächlich, über die Differenz gesprochen. Das war also spätestens Mitte April! Weber verfehlte sich mit Helmholtz gegenseitig, traf ihn dann in der Akademie, und Helmholtz äusserte, es sollte das keine Feindschaft zwischen ihnen machen etc. Mehr ist wohl nicht nöthig, um die Sachlage zu constatiren.

Weber grüsst bestens, so wie Ihr

ergebenster
A. Clebsch.

Erst nachdem ich durch den vorstehenden Brief Gewissheit über das rücksichtslose Benehmen des Herrn Helmholtz gegen Wilhelm Weber erhalten hatte, schrieb ich die Vorrede zu meinem Buche „Ueber die Natur der Cometen“ und erhielt nach Uebersendung eines Exemplares an Professor Clebsch den folgenden Brief von ihm:

Göttingen, d. 10. März 1872.

Verehrter Freund!

Sie haben mir durch die freundliche Uebersendung Ihres Buches eine grosse Freude bereitet, für die ich Ihnen nicht eher danken wollte, als bis ich wenigstens die betreffenden Stellen genauer gelesen. Zwar Leser werden Sie genug finden, und Ihr Buch wird die wissenschaftliche Welt hinreichend in Aufregung versetzen. Möchte es nur so wirken wie wir alle es wünschen, und möchte Ihr Kampf gegen das Mandarinenthum, worin ich jedem Worte aufs Lebhafteste beipflichte, dazu dienen, uns vor Pariser Coteriezuständen retten zu helfen. Ich fürchte nur, es wird schwer sein direct zu wirken. Das blosse Dasein von Leipzig wirkt vielleicht, wenn auch nur mittelbar, noch erschütternder. Es ist aber ein dicker Panzer von Selbstgefälligkeit, mit dem die betreffenden Herren sich umwickelt haben.

Weber ist jedenfalls hoch erfreut über die Art, wie Sie in der Vorrede von ihm sprechen. Ich freue mich sehr, dass er die Freude hat, dies mit der Schrift von Carl Neumann zusammentreffen zu sehen, die ich heute bekommen habe, und die den ernsten Theil der Sache, wie wir scheint, völlig erledigt.

Mit herzlichem Gruss

Ihr

A. Clebsch.

Dass ich nach den unerwarteten Manifestationen meiner „Freunde“ in Leipzig das Bedürfniss empfand, mich durch eine öffentliche „Abwehr“ zu rechtfertigen, um mir wenigstens diejenige Genugthuung zu verschaffen, welcher Goethe durch folgende Verse Ausdruck verleiht:

„Und wenn der Mensch in seiner Qual verstummt
Gab mir ein Gott, zu sagen was ich leide!“

diese Befriedigung durften mir auch meine Feinde weder moralisch noch juristisch versagen. Nun aber bestanden meine Waffen in brieflichen Documenten, die bei ihrer Abfassung nicht für die Oeffentlichkeit bestimmt waren. In wie weit war ich moralisch und juristisch berechtigt, von diesen Waffen Gebrauch zu machen? Das war die Frage, die nun an mich zur Entscheidung herantrat. Um mir hierüber Klarheit zu verschaffen, sprach ich mit treu gebliebenen und theilnehmenden Freunden, zu denen damals auch der gegenwärtige Director der Kaiserlichen Sternwarte in Strassburg, Prof. Winnecke, gehörte. Derselbe befand sich zufällig auf der Durchreise nach Dresden in Leipzig, gerade an demjenigen Tage, als die von Herrn Helmholtz und E. du Bois-Reymond in Verbindung mit Leipziger „Freunden“ gegen mich gesponnenen Intriguen ihre höchsten Wellen warfen. Wahrlich, wäre ich damals nicht im Vollbesitz meiner ganzen moralischen und geistigen Kraft gewesen, — dieses Gebahren von „Freunden“ hätte mich vielleicht durch Seelenschmerz und Erregung, ähnlich wie Robert Mayer (vgl. oben S. 684) in's Irrenhaus führen können. Bei meinen Unterredungen mit andern Collegen, was ich nun zur Befriedigung meines verletzten Rechtsgefühls zu thun hätte, überzeugte ich mich jedoch sehr bald von der Wahrheit des Bismarck'schen Ausspruches: „Wenn zwei Deutsche miteinander berathen, sind mindestens drei verschiedene Meinungen vertreten.“ Bezüglich der moralischen Seite der zu entscheidenden Frage sah ich mich daher sehr bald auf mein eigenes Gewissen angewiesen, dessen Sprache, Dank der in meinem elterlichen Hause genossenen Erziehung, mir klarer und weniger von ängstlichen Rück- und Vorsichten beeinträchtigt erschien, als diejenige meiner von mir zu Rathe gezogenen Freunde. Es blieb also

nur die juristische Seite zu erörtern übrig. Da ich in Dresden einen langjährigen, lieben juristischen Freund besitze, der früher selber erfolgreich auf astronomischem Gebiete literarisch thätig gewesen ist, gegenwärtig aber als Geheimer Justizrath in Dresden diejenige Stelle bekleidet, welche der Königl. Sächsische Justizminister unmittelbar vor seiner Ernennung zum Minister inne hatte, so reiste ich in Gesellschaft meines Freundes Winnecke nach Dresden. Dort angekommen, traf ich zufällig meinen juristischen Collegen Binding, mit dem ich mich nach einigen freundlichen Worten der Begrüssung über die gesellschaftlichen Allüren unseres jüngsten Collegen Friedberg unterhielt, namentlich im Hinblick auf die oben (S. 780) erwähnte Begegnung bei meiner Rückkehr von einem längeren Aufenthalte beim Minister Dr. L. Camphausen.

„Gerber kann Friedberg nicht riechen", erwiderte mir mein College u. A., indem er im Uebrigen vollkommen meinen gesellschaftlichen Antipathien bezüglich Friedberg's beipflichtete. Einige Jahre später, als sich wiederum eine Veranlassung zur Berührung desselben Themas darbot, erwiderte mir Binding: „Friedberg ist gesellschaftlich unten durch." Am Schlusse des Wintersemesters 1879, als ich zuerst durch den vollständigen Abdruck einer Schrift der ehemaligen Geliebten Lassalle's[1]) (die gegenwärtig als Schauspielerin in Amerika zum Besten der deutschen Socialdemokraten Vorstellungen giebt) im Feuilleton des hiesigen Königl. Amtsblattes auf die Vergangenheit unseres Kirchen-

[1]) „Meine Beziehungen zu Ferdinand Lassalle. Von Helene von Racowitza geb. von Dönniges. (5. Aufl.) Breslau und Leipzig (Schottländer) 1879." Bei den vielfachen Beziehungen, welche die in jener Schrift erwähnten Personen zu unserm gegenwärtigen Professoren-Collegium besitzen, vermuthete ich von Seiten der Helene von Racowitza einen Act der Genugthuung gegen ihren Vetter, unsern Historiker Professor W. Arndt, und gegen Herrn Professor E. Friedberg und seine Frau, welche von ihrem früheren Gatten, dem Berliner demokratischen Advocaten Hirsemenzel, geschieden worden ist. Auf meine hierauf bezüglichen Erkundigungen theilte mir jedoch Hr. Reusche, der Redacteur des Amtsblattes mit, dass er Herrn Schottländer 500 Mark für die Erlaubniss zum Abdruck jener Schrift gezahlt und hierdurch seinem Blatte ungefähr ebensoviel Abonnenten gewonnen habe.

rechtslehrers und Synodalen Friedberg aufmerksam gemacht wurde, erklärte mir auch Hr. Professor Wach, dass er es vermeide, gemeinschaftlich mit seiner Frau Einladungen von Herrn Friedberg anzunehmen, indem er erst kürzlich bei einer Gesellschaft in seinem eigenen Hause Zeuge eines pöbelhaften Auftrittes zwischen den beiden Königl. Sächsischen Geheimen Hofräthen Friedberg und Ludwig gewesen sei, wie er einen solchen noch niemals erlebt habe und auch niemals wieder zu erleben wünsche. Sollte Herr von Gerber mit Berücksichtigung dieser Thatsachen nicht zur Ueberzeugung kommen, dass er unserer Universität, welche nach dem Wunsche des verewigten Königs Johann[1]) „Sachsens Fürsten stets als einen der schönsten Juwele in ihrer Krone" betrachten sollen, einen grösseren Dienst erwiese, andern Collegen als gerade mir den freundschaftlichen Rath zu ertheilen, freiwillig ihren Abschied mit Aussicht auf Pensionirung mit vollem Gehalt zu nehmen?

Nach dieser kleinen Abschweifung lasse ich hier zunächst den Brief meines juristischen Freundes, des Geheimen Justizrathes F. Hensel in Dresden folgen, mit welchem derselbe die Uebersendung meiner „Abwehr"[2]) beantwortete.

[1]) Die Worte des Königs Johann im Jahre 1855 bei Verleihung der goldenen Amtskette an den *Rector magnificus* lauten vollständig, wie folgt:

„Diese Kette, die Ich Ihnen übergebe, und welche künftig das Zeichen Ihrer Würde bilden soll — möge sie das Symbol des Bandes sein, welches die Universität Leipzig, diese alte Stiftung meiner Vorfahren, an Meinen Thron und an Mein Haus unauflöslich bindet. Möge sie, die Hochschule selbst, auch ferner nach der Absicht ihrer Stifter eine Bildungsstätte für die wissbegierige Jugend, aber auch eine Pflegerin der Wissenschaft als solcher sein. Möge sie den Sinn für Recht und Sittlichkeit, für Treue gegen König und Gesetz, für echte Wissenschaftlichkeit und echt christliche Frömmigkeit in die Herzen des heranwachsenden Geschlechtes einpflanzen; dann werden Sachsens Fürsten sie stets als einen der schönsten Juwele in ihrer Krone betrachten."

(Vgl. „Johann, König von Sachsen. Ein Charakterbild von Dr. Johann Paul von Falkenstein. Volksausgabe von J. Petzholdt (1879). S. 183.

[2]) Vgl. Anhang zu „Natur der Cometen" 2. Aufl. und „Zur Aufklärung des deutschen Volkes über Inhalt und Aufgabe der wissenschaftlichen Abhandlungen von Friedrich Zöllner." Leipzig 1880. S. 72.

Dresden, am 21. Juni 1872.

Theuerster Freund!

Herzlichsten Dank für Ihre freundliche Zusendung. Doch nicht blos diesen Dank, sondern zugleich die Versicherung, dass nach meiner, allerdings zunächst nur auf dem ersten unmittelbaren Eindrucke beruhenden Ueberzeugung, Sie die Abwehr nach Form und Inhalt so prächtig getroffen haben, dass wenn nun einmal das Ob unabänderlich feststeht, ein berechtigtes Bedenken füglich nicht wird erhoben werden können. Höchstens könnte in Frage gestellt werden, ob der Absender eines Briefes, nachdem der Adressat ihn angenommen, noch freie Verfügung über den Inhalt und Wortlaut habe, — allein dieses Bedenken ist, soviel ich zu erkennen vermag, denn doch nur eine nicht einmal haltbare juristische Spitzfindigkeit, hergeleitet daraus, dass der Empfänger Eigenthümer des Briefes wird. Ueber diesen Punct würde wohl leicht hinwegzukommen sein. Dass ich mit Ihnen wegen der Frage des Ob nicht völlig im Einklange bin, kann meine Freude an Ihrer Abwehr nicht beeinträchtigen und wird, denke ich, auch von Ihnen als ein Symptom der Verschiedenheit aller Anschauungen je zweier Individuen aufgefasst werden, welches nicht dazu angethan ist, der gegenseitigen Freundschaft Eintrag zu thun. Meine Frau secundirt übrigens Ihnen allenthalben gegen mich und findet Ihren streitbaren Sinn und dessen Manifestation ganz in Ordnung. Ich werde mich also wohl geben müssen. Vortrefflich ist Ihre Verwendung des Kant'schen Citats am Schlusse. Hier ist es ganz am Platze, ja ich möchte sagen, die auffällige Schwerfälligkeit des Kant'schen Periodenbaues wirkt wie eine eiserne Keule, die ganz todt schlägt. Hoffentlich erlangen Sie, wie Sie selbst sich wohl durch das Schreiben beruhigter fühlen, durch das Geschriebene Ruhe, — abgesehen natürlich von kritischen, die Sache betreffenden Erörterungen, denen Sie gewiss weder aus dem Wege gehen wollen noch den Erfolg einer Irritirung Ihrer behaglichen Stimmung einräumen werden. . . .

Hoffentlich sehen wir Sie recht bald bei uns, dann in der neuen Wohnung, die wir am Schluss dieses oder anfangs nächsten Monats beziehen (Bautzener Str. 14)

In alter Freundschaft

Ihr

F. Hensel.

Den folgenden Brief erhielt ich bei derselben Veranlassung nach Uebersendung meiner „Abwehr" an den Minister Dr. L. Camphausen, dessen wahrhaft edler und vornehmer Gesinnung alle persönliche Polemik ebenso unsympathisch und zuwider war, wie mir selber vor Abfassung meines Cometenbuches. Die schönen Worte[1]), mit welchen mir der Minister

[1]) „Und noch eins! Sie sagen: ich habe keinen Feind! das ist die volle Wahrheit, möge Ihnen dies seltene Glück durch Ihr ganzes Leben erhalten bleiben!" (Vgl. oben S. 774)

Herr von Gerber in seinem oben (S. 774) mitgetheilten Dankschreiben die Richtigkeit dieser Behauptung bestätigt hat, werden mir stets ein unvergessliches Andenken an eine aus aufrichtiger Ueberzeugung kommende Anerkennung meiner Charaktereigenschaften sein.

Rüngsdorf 4. Juli 1872.

Lieber Freund!

Dass ich das Schändliche des Angriffs gegen Sie tief empfinde und die Berechtigung Ihrer Erbitterung vollkommen anerkenne, wissen Sie; Sie wissen auch wie ich über Ihren nunmehrigen Schritt denke; er ist eben geschehen und nicht mehr zu discutiren. Die Zukunft betreffend ist meine Befürchtung, dass die Folgen Ihres Buches Sie absorbiren und Ihre wissenschaftlichen Bestrebungen benachtheiligen würden gesteigert. Was ich Ihnen jetzt wünsche, ist ein rein sachlicher Angriff wissenschaftlicher Grössen ersten Ranges gegen Ihre Arbeiten, ein Angriff, der Sie zwänge sich mit vollem Eifer der geistigen Production zuzuwenden, in der Sie so oft Begeisterung, Genuss und Glück gefunden haben. Die Opposition des in seinem vorigjährigen optischen Versuche nicht glücklichen Dr. Zenker wird dazu freilich nicht ausreichen.[1])

Die Zeichnungen wären also da und von Zweifeln kann nun, insbesondere nach der neuen von *α Bootis*, nicht mehr die Rede sein. Die Zeichnungen bestärkten mich in dem vor einigen Tagen gefassten Entschlusse, das Spaltspectroskop einstweilen ganz bei Seite zu legen. Ueberhaupt wälze ich zuweilen die Frage um, welches neue Interesse ich mir in meinen alten Tagen noch heranziehen könnte, wenn die Astronomie in der Hauptsache an den Nagel gehängt werden sollte. Sie sehen, auch in Rüngsdorf ist das Wetter schlecht. Ich aber bleibe in schlechtem wie in gutem

Ihr

treuer Freund
Camphausen.

Die in vorstehendem Briefe von meinem hochverehrten Freunde vor 10 Jahren ausgesprochenen Wünsche bezüglich der Angriffe von „wissenschaftlichen Grössen“ auf meine Cometentheorie und das von mir vertheidigte „Weber'sche Gesetz“ sind vollständig in Erfüllung gegangen, insofern man doch berechtigt ist, Herrn Helmholtz zu der vorstehend erwähnten Grössenklasse zu rechnen. Diejenigen meiner Leser,

[1]) Vgl. meine Kritik der Zenker'schen Cometentheorie im 2. Bande der „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ Thl. 2. S. 701.

welche sich für die Widerlegung sämmtlicher von Herrn Helmholtz gegen Weber's und meine Arbeiten erhobenen wissenschaftlichen und unwissenschaftlichen Einwendungen interessiren, erlaube ich mir auf den zweiten Band (Thl. 1 u. 2) meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" zu verweisen. Jedenfalls sind meine Erwartungen bezüglich der allgemeinen Anerkennung des Weber'schen Gesetzes als eines „Universalgesetzes der Natur" bei weitem übertroffen, wenn ich berücksichtige, dass Professor Adolph Fick in Würzburg, als einer der am gründlichsten mathematisch-physikalisch gebildeten deutschen Physiologen, am 29. März 1881 in den Sitzungsberichten der physikalisch-medicinischen Gesellschaft (N. F. Bd. XVI) seinen „Versuch einer physischen Deutung der kritischen Geschwindigkeit in Weber's Gesetz" mit folgenden Worten beginnt:

„Die Entdeckung des Gesetzes der Wechselwirkung elektrischer Theilchen aufeinander durch W. Weber dürfte wohl seit Newton der bedeutendste Fortschritt der Naturerkenntniss sein, denn sehr wahrscheinlich haben wir, wie schon Weber ausgesprochen hat, in diesem Gesetze das allgemeine Grundgesetz des Aufeinanderwirkens von Massen überhaupt vor Augen."

Meinem lieben, herzensguten und kosmopolitisch-philosemitischen Freunde Professor W. Förster, Director der Königl. Sternwarte zu Berlin, hatte ich in Erwiderung eines freundlichen Schreibens über mein Cometenbuch den folgenden Brief zur Aufklärung über meinen Patriotismus und meine „Germanomanie" geschrieben:

Leipzig, d. 20. März 1872.

Liebster Förster!

. . . . . „Dass Behauptungen, wie sie Sir W. Thomson öffentlich und in seinem Buche ausspricht und unter der Aegide von Helmholtz in's Deutsche übertragen worden sind, wirklich Unsinn enthalten, — das einzusehen ist jeder Primaner eines Gymnasiums befähigt.

Solchen Erscheinungen gegenüber, namentlich wenn sie in compacten Massen und symptomatisch auftreten, zu schweigen und nicht den höchsten Ton der Polemik anzustimmen, würde ich für schwächlich und als Beweis eines Indifferentismus gegen die edelsten Güter der Menschheit halten, welche uns die Vergangenheit zur Aufbewahrung und Weiterförderung überliefert hat. Ich behaupte, es ist Pflicht eines Jeden, der diese

Schäden erkannt hat, mit allen erlaubten Mitteln dagegen aufzutreten und zweifle auch nicht einen Augenblick, dass, wenn ich es nicht gethan hätte, sehr bald Andere aufgetreten wären.

Frage also nicht, „„was aus der Wissenschaft und dem Leben werden würde, wenn solcher Ton der Polemik Mode würde"", sondern vielmehr was aus beiden werden würde, wenn solche Erscheinungen und Handlungen, wie ich sie gegeisselt habe, allgemein und häufiger würden! Mein Ton ist nur eine Wirkung, welche fortfällt, wenn die Ursachen verschwinden.

Ich komme nun zu dem zweiten Punkte, welcher Dir an meinem Buche missfällt, „die leider nicht genug vermiedene Germanomanie".

Du erklärst zwar unmittelbar darauf dieses Missfallen als ein rein subjectives, indem Du sagst, Du habest „„gegen den National-Sinn auf geistigem Gebiete eine unbeschreibliche Abneigung""; allein es genügt dies vollkommen, um Dir gleichfals über diesen Gegenstand einige Thatsachen aus dem Bereiche meines eigenen Empfindens mitzutheilen, die allerdings im schroffen Gegensatze zu dem Deinigen stehen. Wenn Du sagst, es sehe „„leider stellenweise in meinem Buche so aus, als ob 1870—71 nicht ohne Einfluss auf die besten Geister Deutschlands geblieben sei"", nun so empfange hier das offene Geständniss, dass ich mir dieses Einflusses in erfreulichster und umfassendster Weise vollkommen bewusst bin, und dass es mir absolut unmöglich gewesen wäre dies Buch zu schreiben, wenn 1870—71 und seine Thaten nicht existirten! Ich will Dir sogar verrathen, dass es mir von Anfang bis zu Ende beim Schreiben dieses Buches eine innige Freude gemacht hat, in meinem Kampfe um den Besitz eines plump und frevelhaft von England angetasteten wissenschaftlichen Eigenthums unseres Volkes eine Analogie, ein Nachspiel im Reiche der Geister zu dem grossen und siegreich vollendeten Kampfe im Reiche der Körper zu erblicken. Ich habe diese Analogie im Spiele meiner Phantasie bis zu einzelnen Schlachten ausgedehnt und glaubte im Charakter der Angegriffenen und ihrer Handlungen etwas dem Napoleonismus Verwandtes zu erblicken, von dem die Welt zu befreien nur der deutschen Waffe und der deutschen Zunge beschieden sei. — Wenn ich früher von begeisterter Liebe zum Vaterlande sprechen hörte, so klang auch mir das oft phrasenhaft, aber nach 1870 und vollends nach Beendigung meines nicht nur mit dem Kopfe sondern auch im Herzen durchlebten Buches fühle ich mich Eins mit dem Geiste unseres Volkes und liebe es auf's Innigste. — Völker sind Individuen und besitzen wie diese ihren moralischen Charakter, der je nach seiner Beschaffenheit, zu durchgreifenden Leistungen, sei es im Reiche der Wissenschaft oder der Politik, befähigt. So lange die wissenschaftliche Thätigkeit in geschäftsmässiger Ansammlung von Material und im Ausbauen kühn von einer früheren Zeit entworfener Pläne besteht, da mag der Kosmopolitismus am Platze sein, aber in Zeiten der Conception neuer Ideen ist die Individualität des Volkscharakters von höchster Bedeutung. Das Gefühl dieses befruchtenden Zusammenhanges lässt sich nicht beschreiben, sondern nur, wie alle Gefühle, selbst empfinden. Nicht ohne

Absicht habe ich durch das Motto aus Kepler's Werken, welches auf dem Dedicationsblatte steht, auf die Analogie im Erwachen dieses Nationalgefühles auch in der Wissenschaft zu jener 300 Jahre hinter uns liegenden Zeit anspielen wollen, und glaubte gerade, dass Dir, der Du Dich so viel und verständnissvoll mit Kepler's Charakter beschäftigt hast, die Bedeutung dieser Anspielung nicht entgehen würde. Du findest aber ganz dieselbe Erscheinung bei allen anderen Schriftstellern aus jener Periode, in welcher sich eine neue Weltanschauung in's Dasein ringt, so dass man schwerlich das alles als Affectation und „deutschen Chauvinismus" bezeichnen kann. Es kommt immer nur darauf an, in wie weit der Ausdruck adäquat der Empfindung sei."

Dass ich ganz besondere Veranlassung hatte, mich trotz meiner Arbeiten über die Sonne und Cometen im Geiste unter unsere tapferen und siegreichen Truppen nach Frankreich zu versetzen, mögen die folgenden Briefe eines meiner fleissigsten Studenten aus Bayern beweisen, der mehrere Semester die Stellung eines Famulus bei mir bekleidete und dann unmittelbar beim Ausbruche des deutschen Krieges seine Einberufungsordre erhielt. Herr G. Effert aus Hersbruck in Bayern ist gegenwärtig als Gymnasiallehrer, wenn ich nicht irre, in Bamberg angestellt. Den ersten Brief erhielt ich von ihm aus Bièvre, als unsere deutschen Heere bereits siegreich bis Paris vorgedrungen waren.

Bièvre (bei Paris), den 12. November 1870.

Hochgeehrter Herr Professor!

Da Sie im vergangenen Semester sich so sehr meiner angenommen hatten und mich besonders an Ihren so interessanten Untersuchungen über die Natur der Himmelskörper Theil nehmen liessen, so halte ich es für meine Pflicht und Schuldigkeit, Sie über mein Verbleiben in diesem Semester in Kenntniss zu setzen. Als ich mich im Juli bei Ihnen verabschiedet hatte, reiste ich noch an demselben Tage nach Hause, wo ich bereits meine Einberufung vorfand; ich rückte bei meinem Regiment als Lieutenant ein und befand mich schon am 29. Juli auf dem Wege in die bayrische Pfalz. Am 4. August überschritten wir die französische Grenze und ich stand an diesem Tage zum ersten Male im Feuer in der Schlacht bei Weissenburg; zwei Tage darauf nahm ich Theil an der Schlacht bei Wörth und nach weiteren zwei Tagen (am 8. August) wohnte ich der ersten Beschiessung der Festung Bitsch bei. Von diesem Tage an marschirten wir fortwährend in westlicher Richtung, umgingen am 18. August Toul und waren am 26. August nur noch einige Tagemärsche von Châlons entfernt, als plötzlich die Nachricht von dem Zuge Mac Mahon's gegen Metz eintraf. In ungeheuer anstrengenden Eilmärschen zogen wir direct

nach Norden und es kam am 1. September zur Schlacht bei Sedan, die bekanntlich mit der Gefangennahme Napoleons und seines Heeres endigte. Unser Bataillon, welches die Aufgabe hatte, die bayrische Artillerie zu beschützen, stand auf einem kleinen Hügel gegenüber von Sedan, von wo aus wir den ganzen Tag über die Schlacht prachtvoll übersehen konnten, obwohl wir ordentlich mit Granaten überschüttet wurden, die uns die Franzosen von Sedan aus zusandten. Einen grossartigeren Anblick habe ich noch nie in meinem Leben gehabt und dieser Tag vor Sedan, sowie die darauffolgende Nacht, welche durch die brennenden Städte und Dörfer der Umgegend erleuchtet wurde, wird mir stets unvergesslich bleiben. Vom 3. September an marschirten wir gegen Süden, trafen am 8. September in Châlons ein, überschritten die Seine bei Corbeil und standen am 19. September Abends nach dem Gefechte bei Montrouge, Sceaux und Villejuif auf der schon so oft genannten Höhe von Moulin de la Tour mit der sogenannten Bayernschanze und sahen an diesem Tage zum ersten Male die Weltstadt Paris zu unsern Füssen liegen. Seitdem liegen wir nun vor Paris; die Patrouillen und Vorposten-Plänkeleien hören Tag und Nacht gar nicht mehr auf, die Vorwerke Issy, Vanves und Montrouge schicken uns täglich eine ziemliche Portion Bomben und Granaten zu, zuweilen versuchen die Pariser auch grössere Ausfälle, die aber gewöhnlich ohne allen Erfolg sind, und ausserdem wird der an und für sich nicht leichte Vorpostendienst durch das nasse und kalte Wetter — seit einigen Tagen haben wir Eis und Schnee — sehr erschwert. Mit dem Bombardement, das wir alle sehnlichst wünschen, werden wir von einer Woche zur anderen vertröstet und die Aussicht auf baldige Beendigung des Krieges schwindet immer mehr. — Sehr unangenehm ist es mir besonders, dass ich in meinen Studien so lange unterbrochen werde, und dass es mir in diesem Semester nicht vergönnt ist, unter Ihrer gefälligen Leitung und nach Ihren Rathschlägen meine Arbeiten fortzusetzen und meine Kenntnisse zu bereichern. —

Entschuldigen Sie, dass ich mir die Freiheit genommen habe, diese Zeilen an Sie zu richten; aber ich glaubte, dass Sie neben den vielen Zeitungsnachrichten einen schriftlichen Bericht vom Kriegsschauplatze nicht verschmähen würden.

Indem ich mich Ihnen bestens empfehle, verbleibe ich mit aller Hochachtung

Ihr

ganz ergebenster

G. Effert, st. math.

Meine Adresse ist:
G. Effert,
Lieut. i. 6. bayr. Inf.-Reg.
5. Brigade. 3. Division.
2. bayr. Armeecorps.
(Vor Paris.)

Bièvres, 24. Decbr. 1870.

Geehrter Herr Professor!

Ihren l. Brief vom 18. Nov. habe ich in den ersten Tagen des Monats Dezember erhalten; derselbe war ungewöhnlich lange auf dem Wege, allein ich glaube, dass ich selbst daran schuld bin, da ich Ihnen in meinem vorigen Briefe — so viel ich mich noch erinnern kann, — meine Adresse nicht genau angab. Wie Sie mir mittheilten, liessen Sie auch ein Packet an mich abgehen; ich danke Ihnen einstweilen im Voraus für dasselbe, da ich es bis jetzt noch nicht erhalten habe, jedenfalls liegt dasselbe noch auf einer bayr. Bahnstation und kann vor der Hand nicht befördert werden, da während der Weihnachtszeit die grösseren Feldpostsendungen sistirt sind. — Es war mir sehr interessant, aus Ihrem freundl. Brief auch Einiges über Ihre neuesten Untersuchungen zu erfahren; sollten Sie vielleicht ein Exemplar übrig haben, wenn dieselben gedruckt sind, so wäre ich Ihnen sehr dankbar, wenn Sie die Güte hätten, mir dasselbe zuzusenden, da ich nun schon fast ein halbes Jahr von solcher Lecture und derlei Studien abgeschlossen bin; hätte ich gedacht, dass der Krieg so lange dauert, so würde ich mir selbst Einiges zur belehrenden Unterhaltung mitgenommen haben, aber Niemand hatte eine Idee davon, dass sich dieser Feldzug so sehr in die Länge ziehen würde. — Vor Paris giebt es nichts Neues, ausser, dass die Franzosen in letzter Zeit häufig Ausfälle in sehr grossem Maassstabe unternehmen, so z. B. den vom 30. Nov. bis 2. Dez. bei Brie und Champigny, wobei Tag und Nacht aus den Vorwerken ein so fürchterliches Kanonenfeuer unterhalten wurde, dass etwa im Umkreis einer Meile in allen Dörfern und Städten um Paris die Fenster fortwährend zitterten. Ueber die Lebensmittel-Vorräthe in Paris sind die Nachrichten immer noch gegenseitig so widersprechend, dass man nicht klug daraus werden kann; wir glauben noch an keine grosse Noth in Paris. Die Unterhaltungen, welche uns die Pariser gewähren, sind noch immer die alten: Granaten und Schrapnels fliegen beständig zu uns herüber, von Zeit zu Zeit erheben sich Luftballons, theils um unsere Stellung auszukundschaften, theils auch um sich nach dem südlichen Frankreich zu begeben, doch wurden von letzterer Sorte schon verschiedene heruntergeschossen; bei Nacht beleuchten uns die Pariser von allen Vorwerken aus mit electrischem Lichte oder lassen Leuchtkugeln steigen; allein trotz aller dieser Unterhaltungen wäre es uns sehr lieb, wenn die Belagerung, die schon 100 Tage dauerte, einmal ihrem Ende entgegen ginge; alles bedeckt sich mit Eis und Schnee und lässt uns von dem „milden Klima" Frankreichs nicht besonders viel merken. Heute Abend ziehen wir wieder auf Vorposten und ich werde jedenfalls die Christnacht sowie den ganzen Weihnachtstag in der äussersten Vorpostenlinie im Walde von Meudon zubringen.

Indem ich Ihnen noch zu dem bevorstehenden Jahreswechsel die besten Glückwünsche darbringe, bin ich

Ihr

ergebenster

Gottlieb Effert.

Meine Adresse:
G. Effert, Lieut.
im 2. bayr. Armeecorps
3. Division. 6. Inf.-Reg.
5. Inf.-Brig. 8. Batall.
(Vor Paris.)

Hersbruck, 12. Juli 1871.

Geehrter Herr Professor!

Vorige Woche bin ich glücklich und gesund aus dem Feldzuge zurückgekehrt, nachdem ich fast ein ganzes Jahr ferne von meiner Heimath in Feindesland zugebracht habe. — Nachträglich danke ich Ihnen noch bestens für die freundliche Uebersendung Ihrer letzten Abhandlung; besonders die darin enthaltene Untersuchung über das Nordlicht war mir speciell sehr interessant, da ich während des langen Vorpostendienstes vor Paris einigemal Gelegenheit hatte, Nordlichter ganze Nächte hindurch zu beobachten. — Während des Monats Januar hatten wir vor Paris das grossartige Schauspiel des Bombardements, im Februar die Besatzung der Forts, am 1. März machte ich den Einzug in Paris mit und bald darauf marschirten wir bis Coulommiers, wo wir drei ziemlich langweilige Monate in Standquartieren zubrachten und tagtäglich den Kanonendonner der Pariser Revolution hörten. Am 1. Juni brach das 2. bayr. Armeecorps von Coulommiers auf und marschirte bis Karlsruhe, von wo aus wir am 29. Juni per Bahn nach Hause befördert wurden. — In den letzten Monaten dachte ich sehr viel nach über die Fortsetzung meiner Studien, und ich möchte noch, bevor ich einen festen Entschluss fasse, Sie um Ihren gütigen Rath bitten. Wie Sie wissen, wollte ich mich dem Lehrfache der Mathematik an einer höheren bayerischen Lehranstalt (Gymnasium, Gewerbeschule pp.) widmen und ich sollte eigentlich kommenden October mich in München einem Examen unterziehen, da meine vorgeschriebenen vier Studienjahre verflossen sind. Nun habe ich aber natürlich in diesem letztem Jahre in Folge des Feldzuges nicht nur Nichts Neues gelernt, sondern auch sehr viel Altes wieder vergessen; ich müsste daher noch ein fünftes Studienjahr zugeben, um im October 1872, nachdem ich noch ein Jahr sehr angestrengt studirt hätte, mein Examen zu bestehen. Da ich ohnedies keine grosse Vorliebe für die Lehrercarrière habe, sondern mich lieber der Astronomie widmete, so möchte ich Sie ersuchen, mir gefälligst mitzutheilen, ob es Ihnen nicht möglich wäre, mir vielleicht im nächsten Jahre eine Stelle als Assistent an der Leipziger Sternwarte zu verschaffen. Sollte Ihnen dies möglich sein, so würde ich in den nächsten Monaten zu Hause das früher Gelernte möglichst genau repetiren und mich dann im nächsten Semester nach Leipzig begeben, um unter Ihrer gütigen Leitung mich noch weiter in der Astronomie und besonders in der Astrophysik auszubilden, bis ich einer Stelle als Assistent oder Observator gewachsen wäre.

Indem ich Sie nochmals bitte, mir in dieser für mich so wichtigen Angelegenheit Ihren gütigen Rath und Ihre Beihülfe nicht zu versagen bin ich

Ihr

ergebenster
Gottlieb Effert,
st. math.

Meine Adresse:
G. Effert, st. math.
in Hersbruck.
(Bayern.)

Die vorstehenden Briefe eines meiner ehemaligen Schüler werden, abgesehen von der allgemeinen patriotischen Begeisterung der damaligen Tage, ausreichend sein, um den Reflex und Wiederhall jener Empfindungen in der Vorrede zu meinem Buche „Ueber die Natur der Cometen“ psychologisch begreiflich zu machen. Um so demüthigender waren für mich die Manifestationen von „Freunden“, welche mir die Freude an der politischen Wiedergeburt unseres deutschen Vaterlandes durch die Ueberzeugung einer tiefen sittlichen Erkrankung unter den officiellen Trägern unserer deutschen Geistescultur vergällen mussten.

Ich hatte mich mit einem gleichlautenden Schreiben an die damaligen beiden Sekretäre der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften gewandt, um an die Corporationsehre dieser Gesellschaft, deren Mitglied ich war, zu appelliren und mir wenigstens moralisch Genugthuung und Schutz gegen so unwürdige Manifestationen zu erbitten.

Von dem Vorsitzenden der historisch-philologischen Classe, unserem ehrwürdigen und hochberühmten Orientalisten Fleischer, erhielt ich als Antwort auf meine Zuschrift den folgenden Brief:

Hochgeehrter Herr Professor!

Erlauben Sie mir, in Beziehung auf Ihre mir heute früh zugekommene, mich tief betrübende Zuschrift vor der Hand nur eine Frage: Soll ich dieselbe Herrn Geheimrath Weber, in seiner zweifachen Qualität als Secretär Ihrer Classe und gerade jetzt vorsitzender Secretär der ganzen Gesellschaft, zu seiner Instruction für die von Ihnen zu erwartenden weiteren Schritte mittheilen, oder wollen Sie ihn besonders darauf vorbereiten?

In Erwartung einer gef. Antwort

Ihr

ergebenster College
Fleischer.

V. h.
28. April 72.

Ernst Heinrich Weber machte mir persönlich seinen Besuch, und als ich ihm meine schriftliche Mittheilung jener unerwarteten Demonstrationen gegen mich mündlich erläuterte, wurden seine schönen seelenvollen Augen feucht und verriethen mir durch den begleitenden herzlichen Händedruck das tiefe und innige Mitgefühl dieses edlen Mannes. In der That, es war diese Unterredung mit Ernst Heinrich Weber die einzige wahrhaft trostreiche Stunde für mich in jener trüben Zeit, so wohlthuend mich auch die oben (S. 774) mitgetheilte Zuschrift des Cultusministers von Gerber und die folgende des verstorbenen Wirkl. Geheimrath Dr. Hübel, welcher unter dem Cultusminister von Falkenstein (Vgl. oben S. 777) eine sehr einflussreiche Stellung im Ministerium bekleidete, berührt hatten:

Ew. Hochwohlgeboren

haben die grosse Güte gehabt mir ein Exemplar Ihres neuesten gelehrten Werkes: „Ueber die Natur der Cometen, Beiträge zur Geschichte und Theorie der Erkenntniss“ zu übersenden. Ich sage Ihnen für dieses mir überaus werthvolle und interessante Geschenk meinen verbindlichsten Dank und bin überzeugt, dass dieses Werk nicht, wie Sie Seite 68 der Vorrede andeuten, Ihnen Schaden bringen könne, sondern nur Anerkennung erwerben und Ihrem Namen einen höheren Glanz verleihen werde.

Dabei benutze ich diese Gelegenheit Ihnen meine Freude auszusprechen, dass Sie auch den letzten verlockenden Ruf an die Universität Strassburg nicht angenommen und der Unsrige zu bleiben sich entschlossen haben, und erneuere die Versicherung der vorzüglichsten Hochachtung mit welcher ich bin

Ew. Hochwohlgeboren

ganz ergebenster

Dr. Hübel.

Dresden
den 10. März
1872.

Was meine in vorstehendem Briefe erwähnte Ablehnung eines Rufes an die Universität Strassburg betrifft, so erlaube ich mir zu bemerken, dass der Minister Freiherr von Roggenbach mir die Ehre eines mehr als einstündigen Besuches in meiner Wohnung zu Theil werden liess und ich in der zwischen uns gepflogenen Unterredung Gelegenheit hatte, mich von den besonders wohlwollenden Intentionen des Fürsten von Bismarck für die damals neu zu begründende Universität Strassburg zu überzeugen. Abgesehen hiervon freute ich mich über die vollkommene Uebereinstimmung, welche zwischen

den Ansichten des Freiherrn von Roggenbach und den meinigen über allgemeine Universitätsverhältnisse im Laufe unserer Unterhaltung zu Tage trat. Trotzdem ich hierbei bereits mündlich ausführlich meine Gründe entwickelt hatte, welche mich im Hinblick auf das wohlwollende Entgegenkommen der Königl. Sächsischen Staatsregierung und die individuelle Unabhängigkeit meiner Stellung an der Universität Leipzig zu einer Ablehnung des materiell sehr verlockenden Rufes an die Universität Strassburg bestimmen würden, erhielt ich dennoch etwa vier Wochen später den folgenden Brief des Freiherrn von Roggenbach:

Strassburg 15. Januar 1872.

„Hochgeehrtester Herr Professor!

Nachdem nunmehr die Grundlagen, auf denen die Reorganisation der Universität Strassburg stattfinden soll, durch Erlass des Reichskanzler-Amtes vom 11. v. M. genehmigt worden sind, und der Eröffnungstermin der neuen Hochschule auf den 1ten Mai 1872 festgestellt worden ist, erlaube ich mir die mündliche Anfrage, welche ich bei meinem Besuch in Leipzig gestellt habe, nunmehr schriftlich zu wiederholen —

Wären Sie geneigt, einem Ruf an die Universität Strassburg als Professor der mathematischen Physik[1]) Folge zu geben?

Durchdrungen von der Ueberzeugung, wie das Gedeihen und die Blüthe dieser jungen Pflegestätte deutscher Wissenschaftlichkeit nur durch das Zusammenwirken der ausgezeichnetsten Kräfte gesichert werden kann, mussten sich meine Blicke, bei Ausführung des mir gewordenen Auftrags Sr. Durchlaucht des Fürsten Reichskanzlers vor Allem auch auf Sie richten und den Wunsch nahelegen, Sie für Strassburg gewinnen zu können. Bleibt mir, nach der in Leipzig mit Ihnen gepflogenen Unterredung auch nur wenig Hoffnung, denselben erfüllt zu sehen, so möchte ich doch nicht unterlassen haben, den hohen Verdiensten Ihrer erfolgreichen Thätigkeit den Tribut dargebracht zu haben, welchen allein die werdende Anstalt verleihen kann, nämlich die Bitte, eventuell in dem Kreise der hervorragenden Männer, welche bereits ihre Mitwirkung zugesagt, auch selbst mitthätig zu sein.

Bei der Kürze der Zeit, welche zu Ausführung der Berufungen gegeben ist, möchte ich Sie gebeten haben, die Kundgebung Ihrer definitiven Entschliessung nicht allzusehr verzögern zu wollen.

Mit ausgezeichneter Hochachtung

Ihr

ergebenster

Frhr. v. Roggenbach."

---

[1]) Bei der mündlichen Unterredung wurde mir eine Professur der Astrophysik und das Directorat eines zu erbauenden astrophysikalischen Institutes angeboten.

Meine umgehende Antwort auf den vorstehenden Brief lautete wie folgt:

Sr. Excellenz dem Minister a. D.
Freiherrn von Roggenbach in Strassburg.

Leipzig, d. 19. Januar 1872.

Ew. Excellenz haben durch Ihr hochgeschätztes Schreiben vom 15. d. M. die ehrenvolle Aufforderung erneuert, der neubegründeten Universität Strassburg meine Thätigkeit zu widmen. Ohne Bedenken würde ich dieser wiederholten Aufforderung Folge leisten, wenn nicht die Ew. Excellenz bereits mündlich mitgetheilten Erwägungen die Befürchtung in mir rege machte, es könnte meine wissenschaftliche Wirksamkeit in Strassburg unter den obwaltenden Verhältnissen eine den Erwartungen weniger entsprechende als hier in Leipzig sein. Es gesellen sich zu diesen Erwägungen noch Motive der Dankbarkeit gegen die Sächsische Regierung, welche bei allen bisher an mich ergangenen Berufungen nicht Anstand genommen hat, in liberaler Weise meinen Wünschen entgegenzukommen, — Motive, denen ja auch Ew. Excellenz bei der mündlichen Unterredung mit mir Ihre Anerkennung nicht versagten. Ich gebe mich auch für die Zukunft vertrauensvoll der Hoffnung hin, dass bei der gegenwärtigen Blüthe unserer Universität, die belebend auf alle ihre Glieder zurückwirkt, auch unter der neuen Leitung des Ministeriums dieses wohlwollende Interesse für meine wissenschaftlichen Bestrebungen nicht erkalten wird, so dass man billigen Wünschen meinerseits, namentlich wenn sie Bedürfnisse zu einer erfolgreichen Entfaltung meiner wissenschaftlichen Thätigkeit betreffen, jederzeit ein geneigtes Ohr zu leihen bereit sein wird.

Indessen würden alle diese Umstände mich nicht abgehalten haben, die ebenso hochherzigen als verständnissvollen Intentionen der deutschen Regierung bereitwillig durch meine schwachen Kräfte zu unterstützen, wären mir nicht die hierzu erforderlichen Eigenschaften der Persönlichkeit, und der theilweise Mangel derselben an mir selber, nur allzugut bekannt. Denn es wird sich für die dortigen Universitätslehrer zunächst auch darum handeln, nicht nur auf dem Katheder, sondern auch im Verkehr mit der Gesellschaft die Interessen unseres neu erstandenen Vaterlandes mit Entschiedenheit und Festigkeit gegenüber widerstrebenden und feindseligen Anschauungen zu vertreten. Aus dem Bewusstsein der Pflicht und Zweckmässigkeit eines solchen Auftretens und aus dem Mangel der hierzu auf die Dauer erforderlichen Zähigkeit des Charakters würden für mich fortdauernd Conflicte entstehen, die mir vollständig diejenige innere Ruhe und Sammlung rauben würden, deren ich zu allen meinen wissenschaftlichen Leistungen auf's dringendste benöthigt bin. Dies sind die Gründe, welche mich bestimmt haben, den ehrenvollen Ruf an die Universität Strassburg abzulehnen, noch ehe ich meiner vorgesetzten Behörde von demselben Anzeige gemacht habe. Nach der Uebereinstimmung in so vielen Anschauungen, welche bei unserer mündlichen Unterredung zu Tage traten, darf ich die Hoffnung hegen, dass Ew. Excellenz der offenen Darlegung

meiner Motive für die Ablehnung des Rufes Ihre Billigung nicht versagen werden.

Gleichzeitig kann ich es aber nicht unterlassen von der mir gütig ertheilten Erlaubniss Gebrauch zu machen, die Aufmerksamkeit Ew. Excellenz auf geeignete Kräfte zu lenken, welche die wissenschaftlichen Interessen der neu begründeten Universität zu fördern geeignet sind. Was zunächst die Stelle eines ordentlichen Professors der mathematischen Physik betrifft, so wird sowohl durch Professor Neumann in Königsberg als auch neuerdings von Professor L. Kronecker in Berlin, ein in Paris lebender Deutscher, Hr. Radau, auf's Wärmste empfohlen, wie eine darauf bezügliche Anfrage bei den genannten Gelehrten Ew. Excellenz zur Genüge bestätigen würde. Hr. Radau ist von Geburt ein Königsberger, ein Schüler F. Neumann's, und hat sich durch scharfsinnige, von hoher mathematischer Begabung zeugende Arbeiten in der Wissenschaft rühmlich bekannt gemacht, obschon ihm die äusseren Verhältnisse häufig nur des Geldes wegen unternommene Arbeiten zur Pflicht machten. Hr. Radau soll selbst, wie ich aus dem Munde meines Collegen C. Neumann, eines Sohnes des oben erwähnten berühmten Vertreters der mathematischen Physik, erfuhr, auf's Lebhafteste den Wunsch hegen, seine Kräfte dem eigenen Vaterlande wieder widmen zu dürfen.

Als eine zweite, sehr viel versprechende aber jüngere Kraft für mathematische Physik, könnte ich einen an hiesiger Universität seit zwei Jahren habilitirten Decenten, Hrn. Dr. Johann Jacob Müller, auf's Angelegentlichste empfehlen. Derselbe würde, mit einer ausserordentlichen Professur bei mässigem Gehalte zufrieden, eine Berufung nach Strassburg auf's Freudigste begrüssen, da er bis jetzt vollständig auf eigene Mittel angewiesen ist. Was seine wissenschaftliche Befähigung und seine bisherigen Leistungen anbetrifft, so besteht hierüber unter Männern von höchster Competenz, wie z. B. Helmholtz und Anderen, einstimmig nur das günstigste Urtheil. Müller ist ein Mann, der nach meiner Ueberzeugung zu den höchsten Erwartungen für die Zukunft berechtigt, wenn er nicht beim Kampfe mit der Noth des Lebens unterliegt. Er ist ein deutscher Schweizer aus einem kleinen Flecken in der Nähe Winterthur's, woselbst seine Eltern ein einfaches, sehr bescheidenes Bauerngut besitzen. Helmholtz äusserte, als ich ihn zu Ostern in Berlin bei Professor E. du Bois-Reymond sprach, sein Bedauern darüber, dass Müller nicht vor Kohlrausch nach Zürich an das Polytechnicum als Physiker berufen worden sei. Gegenwärtig ist er bei der dort wiederum eingetretenen Vacanz einer der in erster Linie vorgeschlagenen Candidaten und würde auch bereits von dem Präsidenten des eidgenössischen Schulrathes, Hrn. Kappeler, den ich im vergangenen Jahre (October) sprach, berufen sein, wenn man nicht bei dem etwas zurückhaltenden Wesen Müller's den Mangel eines hinreichend gewandten und eleganten Vortrages befürchtete. Möglich, dass diese Erfordernisse für einen Vortrag vor einem zahlreichen Auditorium von Polytechnikern nicht unwesentlich sind — für einen Docenten an der

Universität, welcher den Fortschritt und die Cultur der Wissenschaft befördern und vertreten soll, dürfen nach meiner Ueberzeugung bei eminenter wissenschaftlicher Begabung derartige Rücksichten auf den Vortrag, zumal eines Anfängers, erst in zweiter Linie bei Berufungen zur Sprache kommen. Ich selbst habe der akademischen Antrittsvorlesung Müller's mit beigewohnt und kann bezeugen, dass das ganze, namentlich von Docenten sehr zahlreich vertretene, Auditorium in gespanntester Aufmerksamkeit den ebenso klaren als ruhigen Deductionen des jungen Docenten über die schwierigsten Probleme der mechanischen Wärmetheorie bis zum Schlusse folgte. Auch in seiner im gegenwärtigen Semester gehaltenen Vorlesung „über ausgewählte Kapitel der mathematischen Physik" soll nach dem Urtheile competenter Zuhörer sein Vortrag zwar nicht besonders lebhaft, aber klar und von wissenschaftlichem Ernste durchdrungen sein, wie dies der ganzen Persönlichkeit und dem Charakter des Mannes entspricht. Sollten daher Ew. Excellenz von anderen Seiten bezüglich des Vortrages von Müller Bedenken geäussert werden, so würden sich dieselben auf das oben erwähnte Maass reduciren und ausserdem durch die Erwägung beseitigt werden können, dass Hr. Dr. Müller noch ein sehr junger Mann ist, der sich auf der Schwelle seiner Docentenlaufbahn befindet. Gerade bezüglich des Vortrages macht wohl ein jeder Docent die Erfahrung, dass der Anfang des Lehrens zugleich derjenige des Lernens sei.

Wenn sich also für Dr. Müller neben Radau an der Universität Strassburg eine geeignete Stelle finden sollte, so würden Ew. Excellenz durch eine Berufung Müller's nach meiner Ueberzeugung nicht nur der Wissenschaft, sondern auch der wissenschaftlichen Blüthe der jungen Universität einen wesentlichen Dienst leisten.

Genehmigen Ew. Excellenz die Versicherung
der ausgezeichnetsten Hochachtung

Ihres

ergebenen

F. Zöllner.

Als Antwort auf mein vorstehendes Schreiben erhielt ich vom Freiherrn von Roggenbach den folgenden Brief:

Strassburg, 17. Febr. 1872.

Verehrtester Herr Professor!

Sie würden mich ausserordentlich verbinden, wenn Sie mir die Adresse von Prof. Radau mittheilen wollten. — Da ich nachgrade die Hoffnung aufgeben muss, Prof. Christoffel als Mathematiker zu gewinnen und auch Prof. Reye sein Kommen von dem Eintritt Christoffel's abhängig machte, so werden ganz andere Combinationen nothwendig. — Ich werde dann eventuell auch auf Prof. Radau reflectiren können und ziehe schon jetzt auf Grund Ihrer Empfehlung Dr. Joh. Jac. Müller in reifliche Erwägung.

In keinem Fache haben sich bisher so grosse Schwierigkeiten ergeben als in den mathematischen Fächern. — Verzeihen Sie um deswillen meine

Anfrage und die Mühe, die ich Ihnen mache. — Es genüge die einfache Bezeichung des Aufenthaltsortes auf einem Stück Papier unter Couvert.

Mit bekannter Verehrung

Ihr

ergebenster

Roggenbach.

Der von mir in obigem Briefe so warm empfohlene Dr. Johann Jacob Müller ist, nach anderweitiger Besetzung der Professuren in Strassburg, auf meine eindringlichen Vorstellungen bei dem Präsidenten des Schweizerischen Schulrathes als Professor der Physik am Polytechnicum in Zürich angestellt worden, leider jedoch nach wenigen Jahren erfolgreicher Thätigkeit im Januar 1875 am Nervenfieber gestorben. Die erste Nachricht von diesem traurigen Ereigniss erhielt ich durch folgenden Brief des Herrn Präsidenten Kappeler:

Zürich, den 14. Januar 1875.

Hochgeehrter Herr! In letzter Nacht ist am Nervenfieber unser junger Professor und Ihr specieller Freund Hr. Müller gestorben und mit ihm ein reiches Geistesleben viel zu früh von uns geschieden. Von Monat zu Monat entwickelten sich auch auf dem Katheder seine reichen Gaben glänzender, und die begabtesten seiner Zuhörer fingen an die tiefe Wissenschaftlichkeit und den Schwergehalt seiner Vorträge so sehr zu würdigen, dass sie ihn bereits zu den begabtesten Kräften unserer Anstalt zählten. Ich selbst persönlich habe mit so freudiger Theilnahme auf seine reiche Entfaltung geblickt und so grosse Hoffnungen auf ihn gesetzt, dass ich wahrlich einen Schmerz über seinen Verlust empfinde, als wäre mir ein Kind gestorben. Er hat sich überarbeitet und seine schwache Körperkraft vermochte dem abscheulichen Fieber des Typhus nicht Stand zu halten. Noch über die Neujahrsferien arbeitete er an einem Aufsatz, der, wie ich höre, theilweise schon zum Drucke übergeben wurde. Er war wirklich eine Forschernatur und die Wissenschaft hatte Bedeutendes von ihm zu erwarten. Er war angelegt, sich an die höchsten Fragen zu machen.

So mächtig sind indessen die nächsten Sorgen, die die Pflichterfüllung uns auflegt, dass ich im Augenblick, da mich der Schmerz des Verlustes drückt, schon an Ersatz denken muss, und da wir nun hier auf Ihrem eigensten Felde stehen, habe ich an Sie gedacht, ob Sie mir nicht Einen oder Einige tüchtige Gelehrte und Docenten empfehlen könnten, die sich als Nachfolger eignen. Sie haben einen Einblick in die Bedeutsamkeit der Wirksamkeit, die diese Stelle einem jungen Manne öffnet und Sie wissen, was unsere Anstalt bedarf. Wie sehr ich auf tüchtigen Vortrag, eindringende Mittheilungsgabe ganz besonders halte, wissen Sie ja wohl.

Helmholtz hatte einen Assistenten der Hoffnungen gab, aber, wie ich meine, gestorben ist. In Göttingen soll Weber einen tüchtigen Assistenten besitzen! Doch Sie wissen wohl mehr und ich möchte ganz besonders Sie um den Freundesdienst bitten, mir einigermaassen eine kleine Rundschau zu geben, welche jüngere Männer vorzugsweise näherer Prüfung werth sind. Da Hr. Mousson gleichfalls sehr leidend ist, muss die Stelle mit Frühling durchaus besetzt werden. Verzeihen Sie hochgeehrter Herr die Mühe, die ich Ihnen verschaffe und wollen Sie meine Aufdringlichkeit entschuldigen.

Mit freundschaftlicher Hochachtung

Ihr

E. Kappeler,

Präsident des Schweizer Schulraths.

Dass die hohe wissenschaftliche Bedeutung Müller's auch von seinen Collegen gewürdigt wurde, beweisen die Worte, welche ihm Herr Dr. L. Hermann, Professor der Physiologie an der Universität Zürich, und Hr. Dr. W. Fiedler, Professor der Geometrie und Mathematik am Polytechnicum, bei seinem Tode gewidmet haben. Indem ich die betreffenden Reden an anderem Orte ausführlich wiederzugeben beabsichtige, beschränke ich mich hier nur kurz auf folgende Worte des Physiologen. Professor Hermann sagte in seiner „Gedächtnissrede beim Tode des Professors J. J. Müller, gehalten in der Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft zu Zürich am 1. Februar 1875", u. A. wörtlich Folgendes:

„Mitten aus fruchtbarer Arbeit, aus segensreicher Lehrthätigkeit, aus glücklichster Häuslichkeit sahen wir einen Mann, fast noch Jüngling, dahingerafft, von dem wir dachten, dass er erst am Anfang einer glänzenden Laufbahn stehe. Dass Müller ein ungewöhnlicher Mensch war, fühlte jeder, auch der ferner Stehende, ja selbst der mit seinen Publicationen Unbekannte. Bei seiner zurückhaltenden, an Schüchternheit grenzenden Bescheidenheit fiel jedem sofort die ruhige Bestimmtheit seines Ausdruckes doppelt auf, sobald der Gegenstand wissenschaftlich war. In die kürzesten Worte wusste er in der Diskussion eine Fülle von Gründen, von Kenntnissen mit exaktester Gruppirung zu kleiden. Er setzte im wissenschaftlichen Gespräch ebenso wie in seinen Schriften Viel voraus, und zog jeden dadurch auf einen höheren Standpunkt. Am schönsten aber ersieht man seine glänzenden Eigenschaften aus seinen Schriften. Manche davon wird seinen Namen unsterblich machen. Unberechenbar ist der Verlust, den die Wissenschaft, den die Physik und auch mein Fach, die Physiologie, durch sein frühes Ende erlitten haben."

Ich kehre nach dieser Abschweifung wieder zu dem mir durch Freiherrn von Roggenbach übermittelten Ruf an die Universität Strassburg zurück. Da mir in Folge der Ablehnung ähnlicher Berufungen an die Central-Sternwarte zu Pulkowa bei Petersburg[1]), nach Erlangen und Zürich von der Königl. Sächsischen Regierung mein Gehalt von 800 Thaler auf 1600 Thaler erhöht worden war, vermochte ich es mit meiner germanischen Anlage zur Genügsamkeit nicht zu vereinigen, lediglich in Folge der schnell auf einander erfolgenden Berufungen nach auswärts mein Verbleiben in Leipzig von einer abermaligen Gehaltserhöhung oder gar von Ertheilung von Titeln und ähnlichen Auszeichnungen abhängig zu machen. Denn der blosse Gedanke, ich sollte mich jemals statt „Professor" Herr „Geheimrath" tituliren lassen oder wohl gar einen Orden als Anerkennung für meine bisherigen Leistungen erhalten, erregt im Hinblick auf den heute so heruntergekommenen Cours derartiger Aequivalente eine so peinliche Empfindung in mir, dass ich durch dieses offene Geständniss hoffentlich für alle Zeiten vor derartigen Auszeichnungen, von welcher Seite sie auch kommen mögen, geschützt sein werde. Ich bin mir bewusst, nach bestem Wissen meine Pflicht zu thun, und dieses Bewusstsein, getragen von der Ueberzeugung, dass die mir wie andern Menschen verliehenen Gaben nur Geschenke Gottes sind, gewährt mir ein solches Glück und einen solchen inneren Frieden, wie ihn mir irdische Güter und Auszeichnungen niemals zu verleihen im Stande sind. Freiheit und persönliche Unabhängigkeit sind diejenigen Schätze, deren dauernden Besitz ich mir mit Gottes Hülfe zu erhalten und jederzeit zu vertheidigen wissen werde. In diesem Gefühle und im Vertrauen auf das mir bisher von der Königl. Sächsischen Staatsregierung bewiesene Wohlwollen und verständnissvolle Entgegenkommen lehnte ich den an mich ergangenen Ruf nach Strassburg bedingungslos mit folgendem Schreiben ab, dem ich den obigen Brief des Freiherrn von Roggenbach nebst einer Abschrift meiner umgehend erfolgten Antwort beifügte:

---

[1]) Vgl. oben S. 708.

„An
den Königl. Cultusminister Herrn Dr. von Gerber.

Leipzig, d. 19. Jan. 1872.

Ew. Excellenz beehre ich mich beifolgend einen an mich ergangenen Ruf nach Strassburg zu übersenden und gleichzeitig eine Abschrift der von meiner Seite darauf erfolgten Antwort beizufügen. Ew. Excellenz wollen aus derselben entnehmen, dass es mir zu einer erfolgreichen, wissenschaftlichen Thätigkeit lediglich auf die dauernde Erhaltung einer möglichst unabhängigen Stellung ankommt, indem ich nur so dem Bedürfniss meiner Individualität nach Vertiefung und voller Hingabe an wissenschaftliche Arbeiten erfolgreich zu genügen im Stande bin. Sollte indessen den in beifolgendem Schreiben (vgl. S. 755) des Herrn Ministers von Falkenstein bezüglich meines Eintritts in die Facultät ausgesprochenen Wünschen weniger Hindernisse im Wege stehen als vor zwei Jahren, so würde ich Ew. Excellenz für die Realisirung jener mir damals eröffneten Aussichten dankbar sein.

Indem ich diese Gelegenheit benutze, mich dem bisher so freundlich bewiesenen Wohlwollen Ew. Excellenz zu empfehlen, bleibe ich

mit der vorzüglichsten Hochachtung

Ew. Excellenz

ganz ergebener

F. Zöllner.

Die Nachricht von meiner bedingungslosen Ablehnung des an mich ergangenen Rufes nach Strassburg scheint als Seltenheit in den für unsere Universität einflussreichen Kreisen in Dresden sehr angenehm berührt zu haben. Denn ich empfing fast gleichzeitig die beiden folgenden Schreiben von den Ministern von Falkenstein und von Gerber:

Hochgeehrtester Herr Professor!

Ich kann es mir nicht versagen, gleich nach Empfang Ihrer geehrten Zuschrift in diesen flüchtigen Zeilen den Ausdruck meiner innigsten und herzlichsten Freude über den Inhalt derselben nieder zu legen. Es kann Ihnen nicht entgangen sein, welch freudigen und warmen Antheil ich von jeher an Ihrer von so herrlichen Erfolgen begleiteten Forscherarbeit genommen habe, — es kann Ihnen nicht verborgen geblieben sein, von welch aufrichtiger Hochachtung ich für Ihr wissenschaftliches und persönliches Wirken erfüllt bin, und ich gedenke noch immer mit wahrer Freude des Semesters, in welchem die Gemeinschaft des Auditoriengebäudes mich mit Ihnen täglich zusammen führte.

Nun macht es mich wahrhaft glücklich, dass ich in der Lage bin, diesen Ueberzeugungen zugleich einen amtlichen Ausdruck geben zu können, und ich bitte diese Zeilen nur als den vorläufigen Ausdruck meiner per-

sönlichen Empfindung anzusehen, welche ich zu unterdrücken mich ganz ausser Stande fühlte.

Genehmigen Sie die Versicherung der aufrichtigsten und grössten Hochachtung

Ew. Hochwohlgeboren
ergebenster
Gerber.

Dresden
28/1. 1872.

Euer Hochwohlgeboren

kann ich nicht umhin, meine Freude darüber auszusprechen, dass Sie, wie ich höre, den Ihnen zugegangenen Ruf nach Strassburg ohne weiteres abgelehnt haben und in unserem Leipzig bleiben; mein Amtsnachfolger und Freund, Gerber, wird sicherlich es dankend anerkennen, dass Sie an einem Platz bleiben, an welchem Sie so Wichtiges geleistet haben und Gelegenheit finden werden, immer noch Bedeutenderes zu wirken. Ich muss gestehen, dass ich es nicht eben für einen Beweis besonderer Klugheit halte, dass man sofort damit beginnt, an eine ganz junge Universität die ausgezeichnetsten Männer, wie Sie, Leuckart, Windscheid u. a. zu berufen, ohne sich zu sagen, dass Männer, die für die Wissenschaft, nicht für Geld arbeiten, höhere Rücksichten nehmen, ehe sie sich entschliessen, aufs Ungewisse hin ihre Stellung aufzugeben. Möge es Ihnen ferner gelingen, Ihre epochemachenden Forschungen fortzusetzen; ich komme mir vor wie ein alter General, der seine Truppen nicht vergessen kann; so lebhaft unterstütze ich auch jetzt noch Alles, was die Universität und ihre Glieder betrifft.

Mit wahrer Hochachtung
ganz ergebenst
v. Falkenstein.

Dresden 24/1. 72.

Alle die vorstehend mitgetheilten Anerbietungen und anerkennenden Zuschriften gingen mir unmittelbar vor dem Erscheinen meines Buches „über die Natur der Cometen“ zu, d. h. also zu einer Zeit, wo dieselben keinen Einfluss mehr auf die Ausdrucksweise meines Selbstgefühls bei Abfassung jener Schrift hätten ausüben können. Es konnte daher nur meine Ueberzeugung von der wirklichen Existenz eines tiefen moralischen und intellectuellen Erkrankungsprozesses in den höheren und gelehrten Schichten unserer bürgerlichen Gesellschaft bestärken, wenn ich von einem langjährigen Freunde, den ich noch am Tage vorher in harmloser Unterhaltung herzlich begrüsst und mit ihm einen Spaziergang unternommen hatte, gänzlich unvorbereitet den folgenden Brief erhielt:

Leipzig, d. 21. April 1872.

Lieber Zöllner

Bruhns hat mir Mittheilung gemacht von dem, was zwischen Euch vorgefallen ist. Ich glaube es Dir schuldig zu sein, Dir zu bekennen, dass ich zu denjenigen gehöre, welche das von Bruhns an Dich gestellte Verlangen[1]) im Voraus gebilligt haben. Mein armer, lieber Freund! O Zöllner, wenn die Vorsehung nicht auf eine mir noch unverständliche Weise Dich zurückführt, dann musst Du durch Hochmuth und Grössenwahn dem Schicksal verfallen, welches bisher so schwer auf Deiner Familie gelastet hat. Armer, armer Freund!

Möglich, dass Du mir nach meinem heutigen Bekenntniss schon jetzt die Freundschaft auch äusserlich kündigst — ich kann es nicht ändern.

Dein
Feddersen.

Nachdem ich mich ein Wenig von meiner tiefen Erregung erholt hatte, welche diese gänzlich unerwarteten Manifestationen von „Freunden“ in mir hervorgerufen hatten, beantwortete ich den vorstehenden Brief umgehend mit folgenden Worten:

Leipzig, d. 22. April 1872.

Lieber Feddersen!

Ich verzeihe Dir Deinen Brief und den Inhalt der mir darin gemachten Erklärung. Selbstverständlich ist hierdurch unser bisheriges Freundschaftsverhältniss nun auch äusserlich für immer gelöst, weniger wegen des Inhaltes als wegen der jedem Gefühle freundschaftlicher und persönlicher Schonung Hohn sprechenden Form Deines Schreibens. Ich bedaure, dass das schon einmal zwischen uns zerrissene Band zum zweiten Male so fest hat geknüpft werden müssen, um nun bei abermaliger Trennung den Schmerz zu verdoppeln.

Dein
F. Zöllner.

---

[1]) Ein vom 20. April desselben Jahres an meinen verstorbenen Freund Bruhns gerichteter Brief beginnt mit folgenden Worten:

„Du hast mir gestern unaufgefordert und wiederholt die Erklärung abgegeben, es sei von mehreren Herren in Deiner Gegenwart der Wunsch ausgesprochen worden, es möchten meine Abhandlungen in den Berichten der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften in Zukunft vor ihrer Publication einer Commission zur Prüfung betreffs der Zulässigkeit zum Druck vorgelegt werden. Es sei dieser Wunsch bei den betreffenden Herren durch meine letzte Arbeit über den Erdmagnetismus, namentlich aber durch die am Schlusse derselben beschriebenen Experimente und Anschauungen über galvanische Ströme hervorgerufen worden.“ (Vgl. Fortsetzung in Wiss. Abhdl. II. 2. Thl. S. 1075.)

Die betreffende Abhandlung ist oben S. 344—435 wörtlich und vollständig aus den Berichten der Königl. Sächs. Ges. d. W. abgedruckt worden.

Niemals hatte ich während meiner akademischen Thätigkeit in Leipzig sehnlicher den Schluss des Semesters erwartet, als im Sommer 1872. An Herrn Dr. Vogel, den damaligen Director der Privatsternwarte des Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp, richtete ich die Anfrage, ob ich in den grossen Ferien auf einige Tage in Bothkamp zu meiner Erholung verweilen könne, indem ich später, einer Einladung Prof. d'Arrest's, des damaligen Directors der Kopenhagener Sternwarte, Folge leistend, mich nach Dänemark und Schweden begeben wolle.

Ich erhielt hierauf den folgenden Brief von Herrn Dr. Vogel:

Bothkamp, Mai 13. 1872.

Liebster Freund!

Ihre Entrüstung über das ewige Briefschreiben begreife ich vollständig. Ueber ———— habe ich mich schon längere Zeit geärgert. ———— war nämlich hier und sagte mir, er wolle mit ———— zu Pfingsten herkommen. Erstlich sehe ich nicht ein, warum Herr ———— nicht allein kommen kann und dann finde ich für anständig, dass man sich eines Besuches wegen direct an mich wendet, es ist nun einmal keine öffentliche Anstalt und verdient Bülow wahrlich die Aufmerksamkeit, die in einer vorhergehenden Anmeldung liegt. Ich habe schon an ———— geschrieben, er solle ———— veranlassen zu einer andern Zeit zu kommen. Heute schreibe ich direct an ———— und werde ihm mein Bedauern aussprechen, ihn nicht selbst empfangen zu können, wenn er seinen Reiseplan nicht dahin abändern kann, Bothkamp erst auf der Rückreise zu berühren. Ausserdem ist hier ein Umbau in Angriff genommen, wodurch der Raum sehr beschränkt wird und nur für so „liebenswürdige Gäste" wie ein gewisser Prof. Z. aus Leipzig mit Freuden Platz geschafft wird.

Wie Sie hieraus ersehen, beabsichtige ich nicht, meinen Reiseplan aufzugeben, ich hoffe auch, dass der Wink mit dem Pfahle Herrn ———— Reiseplan etwas verändern wird, so dass ich Sie noch eher als Freitag erwarten kann. Alles freut sich auf Ihr Kommen; wenn Sie abgeholt sein wollen, bitte ich einige Zeit vorher durch zwei Zeilen mir den Zug anzugeben, bequemer und kürzer ist der Weg von Bordesholm.

Mit herzlichsten Grüssen in der Hoffnung Sie bald zu sehen

Ihr

alter

H. Vogel.

Als Beantwortung dieses freundlichen Schreibens sandte ich direct folgenden Brief an den Kammerherrn von Bülow:

Leipzig, d. 19. Mai 1872.

Hochgeehrter Herr Kammerherr!

Durch Herrn Dr. Vogel erfuhr ich, dass der Ausführung meiner unbescheidenen Absicht, Sie wieder einmal in Bothkamp aufzusuchen, keine Hindernisse im Wege standen.

Leider bin ich nun aber durch die Ankunft einer Schwester mit ihren beiden Kindern, die ich — denken Sie welch' Verbrechen, — noch nicht einmal als Onkel persönlich kenne, an der Ausführung meines Planes dies Mal gehindert. Ich habe meine Schwester seit langen Jahren nicht gesehen und sie kommt in Begleitung Ihres Mannes aus Königsberg i/P., um sich nach Kösen zu begeben. Wenn Sie mir aber gestatten, hoffe ich mit Bestimmtheit meinen Besuch gleich Anfang August zur Ausführung zu bringen, wo sich dann gleichzeitig daran das für mich sehr egoistische Interesse knüpft, der Naturforscherversammlung hierselbst so schnell als möglich zu entfliehen. Denn von wissenschaftlichem Gewinn ist bei diesen Versammlungen absolut nichts zu finden — nur ein aufgezäumtes Paradepferd, eine Vergnügungspartie zur Auffrischung des *Esprit du corps*, — nichts weiter!

Inzwischen ersuche ich Sie, mich Ihrer Frau Gemahlin und den übrigen Mitgliedern Ihrer geehrten Familie auf's Freundlichste zu empfehlen.

Mit freundlichem Grusse und vorzüglicher Hochachtung

Ihr

ergebener

F. Zöllner.

Das „Paradepferd" in Leipzig hatte am 14. August 1872 während meiner Anwesenheit in Bothkamp Hr. E. du Bois-Reymond mit seinen „Grenzen des Naturerkennens" geritten, worüber ich ihm im ersten Bande meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen (S. 289 — 416) ein Zeugniss für die Nachwelt ausgestellt habe. Dass ich mich bezüglich des hierbei ausgesprochenen Urtheils auch des Beifalls meines Landesherrn und *Rectors magnificentissimus* zu erfreuen hatte, mag der folgende Brief des Ministers von Falkenstein an mich beweisen:

Ew. Hochwohlgeboren

Wissenschaftliche Abhandlungen, deren ersten Band Sie mir gütigst zu gestellt haben, traf ich zuerst wieder bei Sr. Majestät dem Könige, dem wohl Herr von Gerber ein Exemplar überreicht hat. Es war mir sehr interessant, dass der König mich sofort fragte, ob ich schon die Abhandlung über die Grenzen des Naturerkennens gelesen, und ich antwortete allerdings, bis jetzt die einzige, die ich gelesen, weil mir Reymond's An-

sprache in der Versammlung der Naturforscher gegenwärtig gewesen ist und mich daher jene Abhandlung doppelt interessirt habe. Wir sprachen dann über Ihr Urtheil und es war, wenn wir auch Beide die Härte Ihrer Verurtheilung erkannten, dies Gespräch in der That nicht zu Ihrem Nachtheil. Ob nicht ein wenig mehr Kürzung zweckentsprechender, will ich dahin gestellt sein lassen! Jedenfalls danke ich herzlich dafür, dass Sie an mich gedacht und mir Gelegenheit gegeben haben, die hochinteressante, so weit es mein beschränkter Unterthan-Verstand vermag, höchst lehrreiche Abhandlung zu studiren.

Mit herzlichem Dank und aufrichtiger Hochachtung

Ihr

ergebenster

Dresden 18/2. 78. v. Falkenstein.

Der schwülen Atmosphäre in Leipzig entrückt, athmete ich freier und glücklicher die reine holsteiner Landluft in Bothkamp. Der ursprünglich nur auf wenige Tage berechnete Aufenthalt daselbst dehnte sich bis zu zwei Wochen aus, da Herr von Bülow seine liebenswürdige Gastfreundschaft mir gegenüber u. A. auch noch dadurch bethätigte, dass er mich zu einer mehrtägigen gemeinschaftlichen Reise durch die schönsten Theile Holsteins in Begleitung der von ihm an seiner Privatsternwarte angestellten Astronomen Vogel und Lohse aufforderte. Als wir nach Plön, der Geburtsstadt meines kürzlich verstorbenen Freundes Bruhns kamen, besuchten wir gemeinsam dessen Eltern. Die einfachen Leute nebst ihrer Umgebung steigerten in mir die persönliche Hochachtung, welche ich der unverdrossenen Thatkraft und dem rastlosen Fleisse ihres Sohnes jederzeit gezollt habe. Diese Eigenschaften, verbunden mit einem bewunderungswürdigen organisatorischen und Rechentalent befähigten ihn, sich zu einer so hervorragenden Stellung unter den deutschen Astronomen emporzuschwingen. Die naive Einfalt seines Charakters und die unverdrossene Freundlichkeit, mit welcher er thatkräftig Andere mit seinem Rathe unterstützte, habe ich so vielfach selber erfahren, dass es mir bei der sich hier darbietenden Gelegenheit ein Bedürfniss des Herzens ist, ihm den Dank dafür noch über das Grab hinaus nach zu rufen.[1]) Indessen

[1]) Das „Leipziger Tageblatt" vom 26. Juli brachte den folgenden, mit „J. L." (vermuthlich Julius Löwenberg) unterzeichneten Nekrolog:

waren der Mangel an Menschenkenntniss und an vollendeter Durchbildung seines Charakters die Ursache, dass er zuweilen von anderen, weniger harmlosen und uneigennützigen Menschen zu Reden und Handlungen veranlasst wurde, die im Widerspruch mit seinen angeborenen vortrefflichen Charaktereigenschaften standen. Ich habe diese Anschauungen bereits vor

---

Karl Bruhns.

Eine Todesbotschaft.

Professor Bruhns ist nach mehrwöchiger schwerer Krankheit in der letzten Nacht, von Sonntag auf Montag, im noch nicht vollenden 51. Altersjahre aus dem Leben geschieden.

Was die Wissenschaft, was unsere Universität, unsere Stadt, unsere gelehrten Gesellschaften und höheren Bildungsvereine an ihm verloren haben, das kann nur in beruhigter Stimmung gesagt werden, nicht in dem frischen Schmerzgefühl des eben erlittenen Verlustes. So seien denn auch nach der Eigenart unseres Blattes nur wenige Zeilen der Trauerbotschaft für weitere Fernen geweiht.

Karl Bruhns wurde am 20. November 1830 zu Plön im Holsteinischen geboren, widmete sich früh dem Berufe seines Vaters, der praktischen Mechanik und ging 1851 nach Berlin, wo er einige Zeit in der weltbekannten Maschinenbauanstalt Borsig's und wenn wir nicht irren, auch in der Werkstatt von Siemens und Halske gearbeitet hat. Bei seinem ausserordentlichen Talent im Rechnen und seiner unwiderstehlichen Neigung zu höheren mathematischen und astronomischen Studien kam er mit Encke, dem Director der Berliner Sternwarte, in Verbindung, der dem begabten, strebsamen, jungen Manne Lehrer und väterlicher Freund wurde. Derselbe führte ihn in die eigentliche Bahn seines Berufes, den er ruhmvoll erfüllt hat. Bei unermüdlichem, eisernen Fleiss ergänzte er die mangelhaften Vorstudien zum akademischen Lehramte, promovirte und wurde in schneller Folge schon 1852 Assistent an der Berliner Sternwarte, Privatdocent an der Berliner Universität, 1860 ausserordentlicher Professor der Astronomie an der Universität und Director der Sternwarte zu Leipzig und nach Möbius' Tode ordentlicher Professor daselbst. Die Sternwarte wurde wesentlich nach Bruhns Angabe erbaut, fort und fort mit guten Instrumenten ausgestattet und ist dadurch ein lehrreiches Institut und vielleicht die besuchteste Sternwarte Deutschlands geworden. Die Schüler, die Bruhns ausgebildet und die von hier ausgegangen, waren zahlreich und nehmen in Amt und Wissenschaft ehrenvolle Stellen ein.

Neben seinen rein astronomischen Arbeiten, seinen Vorlesungen an der Universität, den Entdeckungen von sechs neuen Kometen, zahlreichen Bahnberechnungen, einer wichtigen Abhandlung über astronomische Strahlenbrechung, einer Geschichte und Beschreibung der Leipziger Sternwarte, war er auch thätig als langjähriges Mitglied und Secretair der europäischen

zehn Jahren in folgendem Briefe an meinen Collegen und ehemaligen Freund, Herrn Hofrath Wiedemann, bei Gelegenheit der von Berlin aus gegen mich inscenirten Demonstrationen ausgesprochen:

Leipzig, den 21. April 1872.

Lieber Wiedemann!

Ich richte noch speciell die Bitte an Dich, mir, so viel an Dir ist, beim Ausfindigmachen jener feigen Intriguanten behülflich zu sein, die den armen Bruhns durch ihre gemeinen Anschläge zum Opfer ihrer Bosheit machten. Es ist wahrlich weit mehr die Feigheit jener Herren, mir nicht persönlich ihre Wünsche mitzutheilen, sondern Bruhns mit einer solchen Mission unter gleichzeitiger Verheimlichung ihrer Namen zu betrauen, als der Antrag[1]) an sich, welcher mich empört, und welches jene Männer hoffentlich in den Augen jedes anständigen und ehrenhaften Mannes für

---

Gradmessungs-Commission, und hat zahlreiche Schriften über Längen-, Breiten- und Azimuthbestimmungen publicirt. Bruhns sind auch die besten siebenstelligen Logarithmentafeln zu danken. Nicht minder thätig war er auch in der Meteorologie, hat in Sachsen etwa dreissig meteorologische Stationen ins Leben gerufen und zwölf Jahrgänge meteorologische Beobachtungsresultate veröffentlicht. Ein nicht geringes Verdienst erwarb er ferner bei der Ausrüstung der Expedition zur Beobachtung des Venusdurchganges 1874, wie überhaupt sein angeborenes grosses Organisationstalent, sein vielseitiger Thätigkeitstrieb bei den verschiedensten Unternehmungen, die ins Leben gerufen werden sollten, von wesentlichem Nutzen gewesen. So namentlich in Leitung von wissenschaftlichen Versammlungen und Vereinen. Bruhns war langjähriger Vorsitzender der Leipziger Geographischen Gesellschaft, und seine Stimme war auch bei den Expeditionen, die von der Afrikanischen Gesellschaft in Berlin ausgingen, in vielen Fällen massgebend. Auch historisch-biographischen Arbeiten widmete er seine Thätigkeit, die wichtigsten derselben sind die Biographien von Encke, Alexander v. Humboldt, im Verein mit mehreren Gelehrten, von Gauss und sehr viele biographische Artikel in Lilienkron's Allgemeinem Deutschen Biographischen Lexikon.

Noch vor wenigen Monaten in der Vollkraft rastloser Thätigkeit und in hoffnungsvoller Unternehmungslust zu neuen grossen Arbeiten, warf eine schwere Krankheit ihn auf das Schmerzenslager, das er nicht mehr verliess. Wenn aber auch manche seiner Arbeiten nunmehr Stückwerk bleiben mussten, so ist Er selbst doch allen Denen, die ihm nahe standen, namentlich seinen Schülern und Freunden, ein ganzer Mann gewesen, dessen Andenken Viele in Verehrung und Dankbarkeit bewahren werden. J. L.

[1]) Der oben S. 824 erwähnte Antrag, meine Arbeiten bezüglich ihrer Aufnahmefähigkeit in den Berichten der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften vorher einer Commission zur Prüfung vorzulegen.

immer brandmarken wird. In diesem Sinne behalte ich mir auch alsdann weitere Schritte im Schoosse unserer Akademie vor, indem ich es sowohl mit dem Interesse einer gedeihlichen Wirksamkeit, als auch der Würde unserer Gesellschaft eng verbunden halte, solche unlauteren Elemente in derselben möglichst unschädlich zu machen.

F. Zöllner.

In wie weit Hr. Helmholtz allein die Verantwortlichkeit für die intellectuelle Urheberschaft der gegen mich in Leipzig angezettelten Intriguen zu tragen hat, vermag ich nicht zu beurtheilen. Dagegen erlaubte ich mir bereits vor 2 Jahren öffentlich die Thatsache zu constatiren,[1]) dass mir mein verstorbener Freund Bruhns bereits Ende Februar 1872 noch vor meiner Abreise nach Rüngsdorf zum Minister Dr. L. Camphausen, sehr bald nach dem Erscheinen meines Buches „über die Natur der Cometen", die Mittheilung machte, dass Hr. Wiedemann einen Brief von Hrn. Helmholtz erhalten habe, der durch seine beleidigenden Aeusserungen über mich auch ihn verletzt habe. Gesehen habe ich indessen diesen Brief ebensowenig wie denjenigen, in welchem sich der oben erwähnte „Freund" Hr. Dr. Feddersen um thatkräftige Unterstützung seiner psychiatrischen Taktik gegen mich, (welche in der fixen Idee bestand, mich durch ein möglichst brüskes und verletzendes Benehmen zu demüthigen und mich hierdurch, ähnlich wie Robert Mayer (vgl. o. S. 685), gegen „Hochmuth und Grössenwahn" zu schützen), an die Herren in Bothkamp gewandt hatte. Ich erhielt von diesen vergeblichen Bemühungen meines ehemaligen Freundes F. erst in Bothkamp durch Herrn Dr. Vogel Kenntniss, der mir zugleich die tiefe Indignation schilderte, mit welcher Herr Kammerherr von Bülow dieses ganze Gebahren als eine „gemeine Intrigue" gebrandmarkt hatte.

Wenn ich auch niemals Hass und heute nur noch Mitleid mit meinen verblendeten Feinden und „Freunden" empfinde, so habe ich doch in dem verflossenen Decennium vielfach Veranlassung gehabt, über Sinn und Bedeutung der christlichen Forderung „Liebet eure Feinde" nachzudenken. Ist diese Forderung an das Herz gerichtet, so enthält sie

[1]) Vgl. Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II. Thl. 2. S. 1078.

meinem Gefühl nach einen Widerspruch, indem die Liebe nur aus einer empfundenen Sympathie der Charaktere entspringt. Ist aber jene Forderung an den Kopf und Verstand der Menschen gerichtet, so enthält sie den Ausdruck einer zu allen Zeiten bestätigten Erfahrung, dass uns unsere Feinde im Kampfe um die Wahrheit thatsächlich viel nützlicher als unsere Freunde sind, die uns unter der stillschweigenden Bedingung strengster Discretion ihrer aufrichtigen Zustimmung versichern, im Uebrigen aber schweigend und zuweilen auch, wie Petrus den Herrn, verleugnend unserem Kampfe auf Leben und Tod in vornehmer Zurückhaltung zuschauen.

In diesem Sinne hatte ich bereits vor 10 Jahren die gegen mich in Scene gesetzten Demonstrationen betrachtet und hieraus jene Ruhe geschöpft, die mir gestattete, mit klarer Ueberlegung meinen Feldzugsplan zu entwerfen. Dass ich hierbei in Dankbarkeit und Demuth der Hülfe Gottes gedenke, ohne dessen Beistand alle menschliche Taktik vergeblich ist, brauche ich meinen verständnissvollen und theilnehmenden Lesern nicht besonders zu versichern. Die mehrfach von mir ausgesprochene Vermuthung, dass in der moralischen Welt ein Gesetz der ewigen Gerechtigkeit existirt, welches ebenso unverbrüchlich alle sittlichen Wechselwirkungen beherrscht wie das Gesetz von der Erhaltung der Kraft alle physischen Wechselwirkungen, hat sich im Laufe meiner Erfahrungen zu einem demonstrablen Axiom gestaltet. In der That, wenn nach Schopenhauer und Sir John Herschel[1]) das Wesen aller Naturkräfte in der physischen Welt identisch mit derjenigen Kraft ist, welche wir mit Intelligenz verbunden in uns als Wille antreffen, so ist das fundamentale Axiom von der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung bei allen körperlichen Wechselwirkungen nur ein specieller und anschaulicher Ausdruck des allgemeineren Gesetzes der ewigen Gerechtigkeit. Die Empfindungen, welche wir selber durch unsere Handlungen in Andern hervorrufen, treffen wie Reflexe des Schalles oder des Lichtes früher oder später uns selber

[1]) Vgl. meine „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie" Bd. I. Einleitung S. LXVII ff.

und lehren uns hierdurch unser moralisches Antlitz kennen, wie ein vorgehaltener Spiegel unser leibliches. Das hierin begründete Universalgesetz der ewigen Gerechtigkeit haben unsere Dichter-Heroen Schiller und Goethe in folgende Worte gekleidet:

„Die Weltgeschichte ist das Weltgericht"
„Denn alle Schuld rächt sich auf Erden!"

Aber nicht nur jenes moralische Grundgesetz ist demonstrabel, sondern auch der jedem unverdorbenen Gemüthe innewohnende und verheissungsvolle Glaube an den endlichen Sieg und ewigen Fortschritt des Guten auf dieser Welt. Denn um mit Bewusstsein Wirkungen in der physischen Welt hervorzubringen, gehört Verstand zur zweckmässigen Auswahl der erforderlichen Mittel. Da aber die andauernd angewandte Lüge den Verstand verdunkelt, indem sie ihm auch andern Menschen gegenüber die Fähigkeit raubt, zu unterscheiden was wahr oder unwahr, gut oder böse ist, so befinden sich die guten den schlechten Menschen gegenüber im Kampfe um ihr sittliches Dasein in ähnlicher Weise concurrenzfähiger, wie nach den Principien der natürlichen Zuchtwahl von Wallace und Darwin die physisch bevorzugten Individuen einer Gattung im Kampfe um ihr materielles Dasein. Auch diese Wahrheit ist in dichterischem Gewande bereits im grauen Alterthume als Scholion zur Antigone von Sophokles ausgesprochen[1]) und dem Bewusstsein der modernen Zeit in dem bekannten Worte:

„Quem Deus perdere vult, prius dementat"

vielfach in Erinnerung gebracht worden.

Diese philosophisch demonstrablen Wahrheiten haben mich stets in meinem Verhalten meinen Gegnern gegenüber geleitet. Ich habe mit peinlicher Sorgfalt alles vermieden, was bei der Disposition meiner Entschlüsse die Thätigkeit meines Verstandes durch Leidenschaft und Erregung zu trüben und zu verwirren im Stande gewesen wäre. Hierdurch ist es mir möglich gewesen, trotz der Lebhaftigkeit meines Temperamentes, alle sogenannten „Auftritte" oder mündliche Controversen zu vermeiden, welche stets Bitterkeit lassen und

[1]) Vgl. „Principien einer elektrod. Theorie der Materie" S. XCIII.

der späteren Vergebung und persönlichen Berührung oft unüberwindliche Schranken entgegenstellen. Ohne mich hierdurch selbstverständlich an der schriftlichen Klarstellung und öffentlichen Vertheidigung meiner Handlungen abhalten zu lassen, kann ich doch mit gutem Gewissen behaupten, dass Auftritte der oben gedachten Art mit keinem meiner Collegen stattgefunden haben, — ein Bewusstsein, dessen tröstliche und beruhigende Wirkung ich am Sarge meines verstorbenen, von falschen Freunden beeinflussten, Collegen Bruhns in reichem Maasse empfunden habe. Bei der Anzeige von seinem erfolgten Ableben habe ich dieser Empfindung in fast gleichlautenden Schreiben an Minister von Falkenstein, Minister a. D. Dr. L. Camphausen, Wilhelm Weber und Otto v. Struve in Pulkowa in folgenden Worten Ausdruck verliehen:

An
Sr. Excellenz den Königl. Sächs. Staatsminister
Dr. P. von Falkenstein.

Leipzig, d. 25. Juli 1881.

Ew. Excellenz

habe ich heute die traurige Pflicht, die mir soeben übermittelte Trauerbotschaft von dem Ableben unseres rastlos thätigen Bruhns mitzutheilen. Er ist nach längerem Leiden diese Nacht um 2 Uhr sanft am Herzschlag entschlafen. Es trifft uns Alle diese traurige Wendung seines Leidens um so unerwarteter, als in der letzten Zeit sein Zustand gegründete Hoffnung erweckte, ihn am Leben zu erhalten. Noch gestern waren seine Schwägerin und sein Schwager aus Berlin hier und haben beide in heiterer Unterhaltung mit ihm gesprochen. Er selber hatte während seines ganzen Leidens bis zuletzt keine Vorstellung von der Gefahr und trug sich fortdauernd mit Reisegedanken und der Hoffnung, demnächst seine Vorlesungen wieder zu beginnen. — Es gewährt mir eine grosse Beruhigung, dass zwischen uns während der ganzen Zeit unserer Bekanntschaft niemals ein böses oder bitteres Wort gefallen ist, trotzdem ja nach dem Erscheinen meines Cometenbuches reichlich Veranlassung dazu gewesen war. Ich kann das Gleiche allen meinen mir feindlich gesinnten Collegen gegenüber behaupten und sehe hierin auch objectiv den Beweis, dass mein Kampf, den mir die Vorsehung auferlegt hat, kein von persönlichen oder niedrigen Motiven geleiteter ist. Dies Bewusstsein stärkt mich auch für die Fortsetzung und den siegreichen Ausgang desselben. . . . .

Mit dem Ausdrucke unveränderlicher Hochachtung
Ew. Excellenz
ganz gehorsamer
F. Zöllner.

Die mir umgehend von Herrn Minister von Falkenstein zugegangene Antwort enthält folgende, die vortrefflichen Eigenschaften des Entschlafenen warm anerkennende Worte:

Die Nachricht von dem, wenn auch schon seit längerer Zeit gefürchteten, doch aber jetzt, wo, wie mir auch Herr Geheimrath Wagner sagte, eine kleine Besserung eingetreten zu sein schien, unerwarteten Hintritt unseres trefflichen Bruhns hat mich tief betrübt. Die Wissenschaft, die Universität, die Familie verliert Viel an diesem unermüdlich strebsamen und mit vortrefflichem Erfolg thätigen Manne, der sich dabei die Tugend der Bescheidenheit erhalten und gerade durch sie die allgemeine Liebe erworben hatte. Wie ich heute mit Freuden daran denke, als ich ihn, den damals Unbekannten, auf Humboldt's Empfehlung nach Leipzig rief, so trauere ich heut, dass er uns heut schon wieder mitten aus seiner gesegneten Wirksamkeit entrissen worden ist. Da ich annehmen kann, dass Sie mit der Familie näher bekannt sind, so darf ich Sie wohl ersuchen, der persönlich mir unbekannten Wittwe meine innigste, aufrichtigste Theilnahme zu versichern. . . . . .

Mit aufrichtiger Hochachtung

Schloss Frohburg
26/7. 81.

Falkenstein.

Nicht minder anerkennend über die Verdienste und Charaktereigenschaften des Verstorbenen sind die folgenden Worte Wilhelm Weber's an mich in seiner Antwort auf meine Trauerbotschaft:

Göttingen, d. 31. Juli 1881.

Lieber Freund!

Besten Dank für Ihren lieben Brief nebst Postkarte — leider! mit der Trauerpost von Bruhns' plötzlicher Erkrankung und höchst unerwartet eingetretenem Tode. Seine unermüdliche Theilnahme an so vielen wissenschaftlichen Unternehmungen und grosse Gewandtheit und Beharrlichkeit wird in weitem Kreise lange Zeit sehr vermisst werden.

Es ist auch für Sie eine schöne Erinnerung, dass er sich von Andern nie zu einem Conflict mit Ihnen hat verleiten lassen, vielmehr immer seine Anerkennung, insbesondere für alle Ihre wissenschaftlichen Bestrebungen durch die That und Mitwirkung mit allen ihm zur Disposition stehenden Mitteln bewiesen hat. — . . . .

Mit herzlichen Grüssen von uns Allen an Sie und
Ihre verehrte Frau Mutter stets

Ihr
treu ergebener
Wilhelm Weber.

Nachdem ich durch die vorstehenden Mittheilungen meinem verstorbenen Freunde Bruhns den Tribut der Dankbarkeit und Anerkennung aller seiner guten und vortrefflichen Eigenschaften abgestattet habe, kehre ich wieder zur historischen Darstellung meiner Erlebnisse zurück.

Nachdem ich mich in Bothkamp durch freundschaftlichen und wissenschaftlichen Gedankenaustausch erfrischt hatte, reiste ich, einer freundlichen Einladung folgend, Ende August 1872 nach Kopenhagen und verlebte hier auf der Königlichen Sternwarte in Gesellschaft des verstorbenen Directors d'Arrest acht glückliche und wissenschaftlich angeregte Tage.

Hr. Prof. d'Arrest hatte sich sehr eingehend und mit besonderer Vorliebe historischen Studien über die jetzt bis zu kaum erkennbaren Resten verschwundene Uranienburg Tycho de Brahe's auf der dänischen Insel Hveen gewidmet. Hierdurch angeregt, stattete ich dem mir befreundeten Director der Königl. Sternwarte in Lund, Herrn Prof. Möller, einen Besuch ab und reiste in seiner und seines Assistenten Dunér's Gesellschaft an einem schönen, sonnigen Herbsttage nach Karlskrona, von wo uns in zwei Stunden ein kleines Segelboot über den Sund an die Gestade der einsamen Insel führte. Im Geiste hatte ich stets die glänzend ausgestattete Sternwarte des Kammerherrn von Bülow als die Uranienburg des 19. Jahrhunderts für Astrophysik betrachtet. Wie eindringlich musste ich daher an die Vergänglichkeit auch unserer wissenschaftlichen Prachtbauten erinnert werden, als ich die geringfügigen Spuren erblickte, welche menschliche Rohheit und eine dreihundertjährige Arbeit der Zeit von dem ehemaligen Prachtbau übriggelassen hatten, den Tycho de Brahe dem Dienste der Venus Urania geweiht hatte. Dennoch freute es mich, gerade an dieser Stelle nach einem erquickenden Trunke aus dem noch jetzt erhaltenen, weil das beste Wasser auf der ganzen Insel liefernden, Brunnen der Uranienburg, ein von mir construirtes Taschen-Reversionsspectroskop auf die Sonne zu richten und, vom Zauberhauch der Vergangenheit umwittert, das dreihundertjährige Jubiläum

des plötzlich aufleuchtenden Tychonischen Sternes in der Cassiopeja[1]) zu feiern.

Im Jahre 1875 unternahm ich, einer freundlichen Einladung Lord Lindsay's folgend, in Gesellschaft meines Freundes Otto v. Struve eine Reise nach England und Schottland, wo ich auf der Privatsternwarte Lord Lindsay's in Dunecht bei Aberdeen das Vergnügen hatte, das erste Exemplar meines Reversionsspectroskopes in grossem Maassstabe ausgeführt zu sehen. Gleichzeitig freute ich mich, die persönliche Bekanntschaft des vortrefflichen Dubliner Optikers und Mechanikers Grubb in Dunecht zu machen, welcher daselbst im Auftrage Lord Lindsay's mit Arbeiten beschäftigt war. Der Reminiscenzen von Kant's Vorfahren bei Unterhaltungen mit dem Earl of Crawford, dem Vater Lord Lindsay's, habe ich bereits im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" (S. 288) gedacht.

Im Jahre 1876 begannen meine gemeinsam mit Wilhelm Weber unternommenen elektrodynamischen Arbeiten.

Der folgende Brief des Herrn Cultusministers von Gerber enthält eine Erwiderung auf die Uebersendung einer sehr anerkennenden französischen Kritik meines Buches über die Natur der Cometen in der *Revue philosophique de la France et de l'Etranger dirigée par Th. Ribot (Avril* 1876. p. 404—416) und der Rede Sigwart's „über die sittlichen Grundlagen der Wissenschaft", welche ich als Einleitung im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" wörtlich reproducirt habe. Gleichzeitig hatte ich behufs einer gemeinschaftlich mit Wilhelm Weber projectirten Experimental-Untersuchung über absolute elektrodynamische Widerstandsmessungen[2]) um Gewährung der hierzu erforderlichen Geldmittel gebeten und hierbei Vorschläge zur Deckung der-

[1]) Der Stern wurde von Tycho zuerst am 11. November 1572 entdeckt. Vgl. Ausführliches in meinen „Photometrischen Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper" (1865) S. 248.

[2]) Soeben erschienen in den Ber. d. Königl. Sächs. Ges. d. W. v. 23. April u. 14. Juni 1880. Vgl. den Abdruck dieser Abhandlung oben S. 443 ff.

selben aus meinem jährlichen Dispositionsquantum gemacht. Hierauf erhielt ich vom Minister den folgenden Brief:

Hochverehrter Freund!

Anbei sende ich Ihnen die mir gütigst mitgetheilten Briefe nebst dem französischen Hefte und der schönen Sigwart'schen Rede mit herzlichem Danke zurück. Ich habe daraus selbstverständlich mit grösstem Interesse und wärmster Theilnahme ersehen, wie für Sie nach einer Zeit so vieler Unannehmlichkeiten nun auch die Zeit der Freude und Anerkennung gekommen ist. Das tröstet schnell über alles inzwischen Erduldete.

Wie gern würde ich Ihnen eine ausserordentliche Unterstützung bei Ihren Versuchen mit Weber zur Verfügung stellen, — aber es sind hierzu keine Mittel disponibel. Dass ich aber sonst sehr gern Alles thun werde, um Ihren Wünschen auch bei diesem Werke förderlich zu sein, brauche ich wohl nicht zu versichern. Der Weg, welchen Sie im Auge haben, besteht, wenn ich recht verstehe, darin, dass Sie einen Vorschuss vom Rentamte erbitten und ihn allmählich durch Innebehaltung eines Theils Ihres Etatsquantums tilgen lassen wollen? Hierbei wäre wohl zu bedenken, ob Sie nicht Ihr Etatsquantum auf längere Jahre so sehr schmälern, dass es für Ihre regelmässigen Ausgaben nicht ausreicht? Wenn Sie seiner Zeit über Ihre desfalsigen Wünsche — ob ich sie dann wirklich erfüllen kann, vermag ich natürlich jetzt noch nicht zu sagen — definitive Mittheilung machen wollen, so bitte ich den angeregten Punkt in besondere Erwägung zu ziehen, auch die Summe, welche Sie im Ganzen noch bedürfen, bestimmt zu bezeichnen.

Noch sage ich Ihnen meinen herzlichsten Dank für die gütige Uebersendung Ihrer beiden neusten Publicationen. Ich wünsche Ihnen Gesundheit und frischen Muth zur Fortsetzung Ihrer ausgezeichneten, Sie gewiss wahrhaft beglückenden Thätigkeit und verbleibe in der bekannten Gesinnung aufrichtigster Hochachtung

Ihr

ganz ergebenster

Gerber.

Dresden,
27. Juni 1876.

Die beiden folgenden Briefe der Herren Minister von Gerber und von Falkenstein erhielt ich in Erwiderung der Uebersendung des ersten Bandes der „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie", welche von mir zur Feier des 50jährigen Doctorjubiläums von Wilhelm Weber am 27. August 1876 veröffentlicht worden sind:

Ew. Hochwohlgeboren

sehr geehrten Zuschrift vom 27. August — welche mir am 13. dieses zu Händen kam — entsprechend, habe ich heute Sr. Majestät dem Könige das für Allerhöchstdenselben bestimmte Exemplar Ihres neuen Werks

„Principien einer electrodynamischen Theorie der Materie“ überreicht und den Auftrag erhalten, Ihnen den Dank Sr. Majestät zum Ausdruck zu bringen.

Zugleich gestatten Sie, dass auch ich Ihnen für das mir höchst werthvolle und interessante Geschenk dieses schönen Werkes meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Die Einleitung hat mich, wie Sie Sich denken können, um so mehr interessirt, als ich auf manche ihrer Grundgedanken schon durch unser neuliches Gespräch vorbereitet war. Ich wünsche Ihnen von Herzen Glück zur Vollendung des schönen Bandes und Gesundheit und Kraft, um die weiteren Bände bald folgen zu lassen.

Mit ausgezeichneter Hochachtung

Ew. Hochwohlgeboren

ganz ergebenster

Dresden 15/9 76. Gerber.

Dresden 21/9. 76.

Erst jetzt, von einer kleinen Reise zurückgekehrt, ist Ihre geneigte Zuschrift nebst der Jubelschrift in meine Hände gekommen; und erst jetzt kann ich Ihnen meinen verbindlichsten Dank dafür aussprechen. Das Buch werde ich als ein theures Andenken an Sie, wie an den Gefeierten bewahren, wenn ich auch leider zugestehen muss, dass ich zum grossen Theil der darin behandelten Materie zu fern stehe, um mir ein Urtheil gestatten zu können. Aber bewundert habe ich bei Durchsicht der Arbeit Ihren Fleiss und die Art und Weise, wie Sie den trefflichen Jubilar gefeiert haben. Dass Herr v. Gerber das für Se. Majestät bestimmte Exemplar überreicht haben wird, bezweifle ich nicht; in der Regel hat diess zwar durch das Haus-Ministerium zu geschehen; allein in einem solchen exceptionellen Falle, wie der vorliegende, ist der eingeschlagene Weg ganz unbedenklich, und werden Sie daher jedenfalls auch durch Herrn von Gerber den Dank des Königs empfangen haben oder noch empfangen.

Dass Sie uns in Frohburg nicht besuchen konnten, hat uns sehr leid gethan; ich hoffe, dass es, so Gott mir Leben und Gesundheit giebt, möglich sein wird, Sie im kommenden Jahre dort zu empfangen.

Mit nochmaligem herzlichen Danke und ausgezeichneter Hochachtung

Euer Hochwohlgeboren

ganz ergebener

v. Falkenstein.

Im Januar 1878 hatte ich den ersten Band meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ vollendet. Ueber die Aufgaben und das letzte Ziel, welches ich mir bei diesem literarischen Unternehmen gestellt habe, hatte ich mich zuerst in folgendem Schreiben ausgesprochen, mit welchem ich gleichzeitig mein Buch „über die Natur der Cometen“ nebst dem ersten Band meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen an den damals leidenden Reichskanzler nach Varzin sandte.

Sr. Durchlaucht dem Fürsten von Bismarck.

Leipzig, d. 27. Januar 1878.

Ew. Durchlaucht beehre ich mich, beifolgend zwei meiner Schriften zu übersenden mit der ergebenen Bitte, dieselben als ein geringes Zeichen der aufrichtigen Verehrung entgegen nehmen zu wollen, welche jeder Deutsche, der sein Vaterland liebt und der ruhmreichen Traditionen desselben eingedenk ist, Ew. Durchlaucht aus aufrichtigem Herzen entgegenbringt. Die gegenwärtige Stunde ist doppelt verpflichtend, die Gefühle der Dankbarkeit und des zuversichtlichen Vertrauens Ew. Durchlaucht gegenüber zum Ausdruck zu bringen. Nach Aussen ist Deutschland durch die umsichtige und feste Leitung seiner Politik von der Theilnahme an einem blutigen, soeben beendeten Krieg bewahrt geblieben, nach Innen vollzieht sich eine Wandlung, die von Neuem dem Vertrauen zu der Weisheit und Kraft Raum giebt, welche die Vorsehung zum Heile Deutschlands in so reichem Maasse in Ihrer Person vereinigt hat. Auch die Wogen und Strömungen der socialen Bewegung scheinen in neuester Zeit eine Wendung nehmen zu wollen, die den ursprünglich gehegten Befürchtungen glücklicher Weise nicht entsprechen. Die moralische Seite und das unserem Volke eigenthümliche philosophische Bedürfniss tritt mehr und mehr in den Vordergrund und berechtigt zu der Hoffnung, dass durch wahre Aufklärung des Volkes auch die bewussten Ziele dieser Bewegung sich verändern und dem wahren Patriotismus wieder den Boden bereiten werden. Der Förderung dieses Zweckes sollen nach Maassgabe der mir verliehenen schwachen Kräfte meine „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ gewidmet sein, von denen ich Ew. Durchlaucht beifolgend den ersten Band zu übersenden die Ehre habe.

Die Naturwissenschaften, denen ich selbst seit 20 Jahren meine Thätigkeit gewidmet habe, beherrschen unzweifelhaft heut zu Tage mehr als in einer früheren Cultur-Epoche die Vorstellungen der civilisirten Menschheit. In ihrem Gefolge hat sich jedoch seit der französischen Revolution der Materialismus und jene moralisch rohe und nihilistische Anschauungsweise entwickelt, welche heutzutage in der Vorstellung von jedem Vertreter der Naturwissenschaft fast unzertrennlich ist. Ich selbst habe diese Entwickelungsphase in mir mit allen ihren Consequenzen durchlebt, stets eingedenk der Worte Lichtenberg's: „Man muss in der Welt und im Reiche der Wahrheit frei untersuchen, es koste was es wolle, und sich nicht darum kümmern, ob der Satz in eine Familie gehört, worunter einige Glieder gefährlich werden könnten.“ Indessen bei gereifter Erkenntniss und namentlich seit dem Erwachen historisch-kritischer Bedürfnisse, habe ich die logischen Widersprüche entdeckt, an denen eine solche Weltanschauung krankt, aus welcher dann nothwendigerweise auch moralische Widersprüche resultiren müssen. Ich habe es mir in meiner ersten Abhandlung „über Wirkungen in die Ferne“ angelegen sein lassen, alle diejenigen literarischen Belege zusammen zu tragen, welche unwiderleglich beweisen, dass jene grossen Heroen der Naturforschung, wie Kepler, Galilei, Newton, Faraday, und wirkliche Philosophen, wie unser

Kant, auf deren Schultern wir mit unserer ganzen modernen Naturerkenntniss stehen, eine der materialistisch-nihilistischen Anschauungsweise direct widersprechende Weltanschauung vertreten haben.

Diese ideale Weltanschauung nun, nicht als Folge blos philosophischer Speculation, sondern als Consequenz einer rationellen Naturforschung in dem Bewusstsein des deutschen Volkes wieder zu erwecken und zu befestigen und hierdurch den Boden zur Aufnahme moralischer und religiöser Gesinnung wieder empfänglich zu machen, das ist der letzte Zweck und das entfernte Ziel, welches mir bei Herausgabe meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" vorgeschwebt hat. Ob dieses Ziel erreicht wird und ob ich wie Fichte in seinen „Reden an die deutsche Nation" jenen Zweck in folgenden Worten zusammenfassen kann:

„Nach Allem ist es der allgemeine Zweck dieser Reden, Muth und Hoffnung zu bringen in die Zerschlagenen, Freude zu verkündigen in die tiefe Trauer, über die Stunde der grössten Bedrängniss leicht und sanft hinüberzuleiten",

ob dieser Zweck durch meine Bestrebungen erreicht werden wird, hängt von dem Segen Gottes ab.

Die zuversichtliche Ueberzeugung aber, meine Bestrebungen von Ew. Durchlaucht gebilligt zu wissen, verleiht mir Kraft und Muth, den kommenden Stürmen unerschrocken entgegen zu sehen, getragen von der Liebe zu unserem gemeinsamen und von der Vorsehung so reich gesegneten deutschen Vaterlande! Mit dem aufrichtigen Wunsche, der Himmel möge Ew. Durchlaucht bald wieder die volle Kraft und Gesundheit und die damit verbundene Freudigkeit zur Wideraufnahme der sorgenvollen Staatsgeschäfte verleihen, bleibe ich Ew. Durchlaucht

ganz ergebenster
F. Zöllner.

In Erwiderung des vorstehenden Schreibens erhielt ich die folgende Antwort:

Varzin, 3. Februar 1878.

Euerer Hochwohlgeboren danke ich verbindlichst für die in Ihrem Briefe ausgesprochenen freundlichen Gesinnungen und für die Uebersendung der demselben beigefügten Werke. Ich werde die Bücher mit um so mehr Interesse lesen, nachdem ich aus dem Inhalte Ihres begleitenden Schreibens den Gedankengang derselben entnommen habe.

v. Bismarck.

Den ersten Theil des zweiten Bandes meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen, dessen Druck laut Angabe (vgl. II. Bd. 2. Theil S. VI) am 25. Mai 1878 vollendet war, übersandte ich nebst dem ersten Bande der „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie" mit folgendem Begleitschreiben an den Fürsten von Bismarck:

Sr. Durchlaucht dem Fürsten von Bismarck.

Leipzig, den 18. Juli 1878.

Ew. Durchlaucht beehre ich mich beifolgend den ersten Band meiner „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie“ sowie den ersten Theil des zweiten Bandes meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ zu übersenden, deren ersten Band Ew. Durchlaucht zu meiner aufrichtigen Freude mit so grosser Güte anzunehmen die Gewogenheit hatten. Bezüglich des noch mangelnden Einbandes der beifolgenden Fortsetzung meiner Abhandlungen, die ich in den nächsten Wochen durch Uebersendung des zweiten Theiles zu vervollständigen gedenke, bitte ich Ew. Durchlaucht um Entschuldigung. Es ist das erste Exemplar, welches heute zur Versendung vollendet wurde, indem es mein lebhafter Wunsch war, Ew. Durchlaucht sofort Kenntniss von dem Inhalte desselben zu geben. Bei den mannigfachen Beziehungen des letzteren zu den politischen und socialen Verhältnissen der tief erregten Gegenwart ist es mir selber räthselhaft, wie ich das Alles vor diesen Ereignissen zu schreiben mich veranlasst fühlen konnte. Denn der Druck des vorliegenden ersten Theils war bereits Ende April vollendet und nur die Herstellung der Kupferstiche und Tafeln, sowie die möglichst gleichzeitige Ausgabe des zweiten Theiles hat ein früheres Erscheinen verhindert.

Die entsetzlichen und das ganze deutsche Volk in schmerzlichster Weise bewegenden Vorgänge, bei denen auch unsere Universität eine durch die Promotion des Meuchelmörders so traurige Berühmtheit erlangt hat, haben in mir die schon seit vielen Jahren gezeitigte Erkenntniss von der Nothwendigkeit einer sittlichen Wiedergeburt des wissenschaftlichen Geistes an unseren Universitäten zur unumstösslichen Ueberzeugung erhoben. Was in meinen schwachen Kräften steht, zu dieser sittlichen Reinigung des akademischen Lebens beizutragen, hoffe ich mit Gottes Hülfe zu vollbringen. Die Ueberzeugung, dass ich mich hierbei der moralischen Unterstützung Seitens Ew. Durchlaucht im Voraus versichert halten darf, erfüllt mich mit neuem Muthe, in dem begonnenen Kampfe auszuharren und mir jederzeit das leuchtende Vorbild, welches Ew. Durchlaucht durch die aufopferungsvolle Hingabe Ihrer Person für alle Zeiten als Beispiel getreuer Pflichterfüllung im Dienste grosser Ideen dem deutschen Volke darbieten werden, vor der Seele gegenwärtig zu halten.

Gern würde ich mir gestatten, auch Sr. Majestät dem Kaiser und Sr. Kaiserlichen Hoheit dem Kronprinzen durch Uebersendung meiner Schriften ein schwaches Zeichen meiner patriotischen Gesinnung und treuer Liebe zu unserem erhabenen Herrscherhause darzubringen, wenn mich nicht vorläufig noch Bedenken über die Opportunität bei den gegenwärtig so tief und schmerzlich bewegten Zeiten davon zurückhielten. So wenig ich auch daran zweifle, dass bei der pietätvollen Gesinnung unseres Kaisers seinen ruhmreichen Vorfahren gegenüber gerade die ausführlichen Citate aus den Werken Friedrich's des Grossen (S. 292—305), sowie auch die sinnige Zeichnung von der Hand des Königs Friedrich Wilhelm IV. (S. 452) eine freundliche Aufnahme finden würden, so dürfte es dennoch vielleicht

zweckmässig sein, zunächst die Stellung des Publicums abzuwarten, welche dasselbe der von mir in Gemeinschaft mit meinen ehrwürdigen Freunden Wilhelm Weber und Fechner unternommenen Vertheidigung einer neuen Klasse von physikalischen Erscheinungen gegenüber einnehmen wird. Jedenfalls würde ich bei abweichender Ansicht mit grösster Dankbarkeit jeden hierauf bezüglichen Wink von Seiten Ew. Durchlaucht hoch zu schätzen wissen.

Mit dem aufrichtigen Wunsche, dass Ew. Durchlaucht noch ein beglückter und heiterer Lebensabend mit der Aussicht auf eine glückliche Zukunft Deutschlands und den thatkräftigen Dank seines Volkes beschieden sein möge, bleibe ich mit dem Ausdrucke aufrichtiger Verehrung

Ew. Durchlaucht

ganz ergebener

F. Zöllner.

Sechs Wochen später, am 31. August 1878, als Fürst von Bismarck gemeinschaftlich mit dem deutschen Kaiser Wilhelm in Gastein weilte und Letzterem von allen Seiten sympathische Kundgebungen über seine glücklich wiederhergestellte Gesundheit nach dem Attentate Nobiling's zu Theil wurden, sandte ich an den deutschen Reichskanzler den inzwischen vollendeten zweiten Band meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen. Ich konnte hierbei den Wunsch nicht unterdrücken, auch meinerseits unserem schwer geprüften Kaiser ein schwaches Zeichen meiner Huldigung darzubringen und übersandte daher gleichzeitig mit dem für den Reichskanzler bestimmten zweiten Bande, ein vollständiges Exemplar meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen in entsprechendem Einbande zur eventuellen Uebergabe an Sr. Majestät den Kaiser. Auch hierbei überliess ich es, im Hinblick auf die oben von mir selber ausgesprochenen Bedenken, ganz dem Ermessen des Fürsten von Bismarck, in wie weit er die Uebergabe meiner Abhandlungen an den Kaiser für opportun hielt. Ich bedaure, trotz anhaltenden Suchens nicht das Concept dieses zweiten Briefes vom 31. August an den Reichskanzler unter meinen Papieren gefunden zu haben. Da der Brief in Eile geschrieben und nur kurz war, indem ich mich im Wesentlichen auf den Inhalt meines obigen Schreibens stützte, so ist es möglich, dass ich denselben auch ohne Concept abgesandt habe. Ich erinnere mich aber dieses Umstandes nicht mehr und erlaube mir nur Herrn Eugen Richter und

meinem Collegen Virchow gegenüber zu bemerken, dass dieser Brief weder Bitten um Unterstützung aus dem Reptilienfond [1]) noch um Subvention zur antisemitischen Agitation enthielt.

Auf meine beiden Briefe vom 13. Juli und 31. August 1878 an den Fürsten von Bismarck erhielt ich die folgende Antwort:

Spezial-Bureau des Reichskanzlers.

Berlin, den 13. September 1878.

Ew. Hochwohlgeboren beehre ich mich ergebenst zu benachrichtigen, dass der Fürst-Reichskanzler die Ihren gefälligen Schreiben vom 13. Juli und 31. August cr. beigefügten Werke mit grossem Interesse entgegengenommen und mich beauftragt hat, Ew. Hochwohlgeboren für deren Uebersendung seinen verbindlichsten Dank zu übermitteln.

Indem es mir zu besonderem Vergnügen gereicht, mich dieses Auftrages hiermit zu entledigen, bemerke ich noch ergebenst, dass das für Se. Majestät den Kaiser und König bestimmte vollständige Exemplar der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" sowie ein Exemplar von „Kepler und die unsichtbare Welt" dem Geheimen Civil-Cabinet Sr. Majestät des Kaisers und Königs mit dem Anheimstellen übersandt worden sind, dieselben Sr. Majestät vorzulegen.

Genehmigen Ew. Hochwohlgeboren die Versicherung meiner vorzüglichen Hochachtung.

An
Herrn Professor Zöllner
Hochwohlgeboren
in Leipzig.

v. Kurowsky.

[1]) Herr Eugen Richter sprach bei der Debatte über die Judenfrage im preussischen Abgeordneten-Hause am Montag den 22. Nov. 1880 seine Verwunderung darüber aus, woher die Geldmittel für die „ganze Art von Literatur" kämen, welche sich herausnimmt gegen Fortschrittler und Juden aufzutreten. Laut dem amtlichen stenographischen Berichte (S. 112) über jene Sitzung bemerkte nämlich Herr Eugen Richter wörtlich:

„Diese ganze Art von Literatur, wie wir sie in Hamburg, Berlin, Dresden, Liegnitz erscheinen sehen, steht im engsten Zusammenhang miteinander. Hier ist eine Organisation vorhanden; wo ist die Geldmacht, die das bezahlt? Woher fliessen die Geldmittel? Es wäre uns sehr lieb, wenn wir hörten, dass nicht der Reptilienfond dafür in Anspruch genommen wird."

Zur Beruhigung über den Ursprung meiner Geldmittel erlaube ich mir Herrn Richter die vertrauliche Mittheilung zu machen, dass sich meine jährlichen Einkünfte mit Einschluss meines festen Gehaltes von 1800 Thaler noch nicht ganz auf 2000 Thaler belaufen. Trotzdem ich von dieser Summe hülfsbedürftige Geschwister zu unterstützen habe, blieben mir noch 50 Mark als Beitrag zur Bestreitung der Druckkosten für die antisemitische Petition an den Fürsten von Bismarck übrig. Was den

Durch Vermittelung der Königlich Preussischen Gesandtschaft in Dresden wurde mir das zur Uebergabe an Se. Majestät den Kaiser bestimmte Exemplar des ersten und zweiten Bandes meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen nebst der kleinen, in Berlin bei Nicolai im Jahre 1808 anonym erschienenen Broschüre „Kepler und die unsichtbare Welt“[1]) mit folgendem Schreiben zurückgesandt:

Königl. Preussische Gesandtschaft.

Dresden, den 2. November 1878.

Ew. Hochwohlgeboren

haben seiner Zeit je ein Exemplar Ihrer Werke „Wissenschaftliche Abhandluugen“ und „Kepler und die unsichtbare Welt“ an Seine Durchlaucht den Herrn Reichskanzler mit der Bitte übersandt, dieselben Seiner Majestät dem Kaiser und Könige zu überreichen.

Zu meinem grössten Bedauern bin ich beauftragt worden, Ew. Hochwohlgeboren zu eröffnen, dass die Vorlage Ihrer Schriften an Seine Majestät den Kaiser auf Bedenken gestossen ist, und bin ich in Folge dessen leider genöthigt, die von Ihnen eingesandten Schriften anbei zurückfolgen zu lassen.

Genehmigen Ew. Hochwohlgeboren den Ausdruck meiner vorzüglichsten Hochachtung.

Der Königlich Preussische Gesandte
Graf Solms.

An
den Professor
Herrn Zöllner
Hochwohlgeboren
Leipzig.

Ertrag aus meiner schriftstellerischen Thätigkeit betrifft, so ist derselbe bis jetzt nur ein durchaus negativer, insofern ich zur Herstellung meiner Schriften ein bescheidenes väterliches Erbtheil verwandt habe und mich daher bis jetzt nicht wie mein College Ebers mit seinen egyptischen Romanen rühmen kann, ein „Geschäft“ mit meinen Schriften zu machen.

[1]) Ich habe im ersten Theile des zweiten Bandes meiner Abhandlungen die Entstehungsgeschichte dieser kleinen Broschüre nach den Angaben meines hochverehrten Lehrers und Freundes Prof. Barentin ausführlich mitgetheilt. Sie ist ein auf Wunsch König Friedrich Wilhelm IV. von Preussen verfasster und von ihm selber mit einer Federzeichnung versehener Vortrag, welcher ihm als Kronprinz von seinem Lehrer, dem Akademiker und Direktor des grauen Klosters, Professor E. G. Fischer, in einer Privatstunde über Naturlehre gehalten worden war. Ueber die hervorragende Bedeutung Fischer's als Physiker und Naturforscher habe ich a. a. O. Ausführliches mitgetheilt.

Nur um einem mir gelegentlich zu Ohren gekommenen Gerüchte die Spitze abzubrechen, es sei die Rücksendung meiner obigen Schriften auf Grund eines beim früheren Cultusminister Falk eingeholten Rathes erfolgt, erlaube ich mir zu bemerken, dass ich mich für verpflichtet gehalten habe, auch Herrn Minister Falk Beweise meiner aufrichtigen Hochachtung für sein persönlich uneigennütziges und muthvolles Auftreten gegen staatsfeindliche Tendenzen zu geben, welche sich unter der Maske der Religion und Kirche zur Zeit des Culturkampfs in Preussen geltend machten. Zur Bestätigung meiner Behauptung mag mir die Bemerkung gestattet sein, dass ich meine mehrfach erwähnte Gratulationsschrift bei Gelegenheit von Wilhelm Weber's 50jährigem Doctorjubiläum, begleitet von einem ausführlichen, in Ausdrücken warmer Anerkennung abgefassten Schreiben, an den damaligen Preussischen Cultusminister Falk absandte und hierauf das folgende eigenhändig vom Minister unterzeichnete Dankschreiben erhielt:

Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten.
J. Nr. U. I. 5188.

Berlin, den 21. September 1876.

Für die gefällige Uebersendung des ersten Bandes Ihrer „Principien einer electrodynamischen Theorie der Materie" spreche ich Ew. Hochwohlgeboren hierdurch meinen verbindlichen Dank aus.

Der Königlich Preussische Minister
der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten.
Falk.

An
den Königlichen Professor
Herrn Dr. Johann Carl Friedrich Zöllner
Hochwohlgeboren
zu Leipzig.

Der folgende Brief des Cultusministers von Gerber liefert einen schönen Beweis von dem vorurtheilsfreien Interesse, welches derselbe den von mir in Gemeinschaft mit meinen Collegen Fechner, Wilhelm Weber und Scheibner angestellten wissenschaftlichen Untersuchungen mit dem amerikanischen Medium Hrn. Henry Slade entgegengebracht hat. Als nämlich nach der ersten Anwesenheit Slade's in Leipzig im December 1877 durch zahlreiche Experimente die

hohe wissenschaftliche Bedeutung einer weiter fortgesetzten Experimentaluntersuchung mit Hrn. Slade ausser allem Zweifel gesetzt war, hielt ich mich für verpflichtet, mit dem Cultusminister persönlich darüber Rücksprache zu nehmen, in wie weit Aussicht vorhanden sei, mir durch Gewährung von besonderen Geldmitteln die Fortsetzung meiner Untersuchungen mit Hrn. Slade zu ermöglichen.

Am Sonntag den 28. April 1878 reiste ich zu diesem Zwecke nach Dresden und erfreute mich seitens des Herrn Ministers von Gerber eines so freundlichen Entgegenkommens, dass mich derselbe aufforderte, meine Bitte schriftlich in Form einer Eingabe an das Cultusministerium einzureichen. Bei den mannigfachen Vorurtheilen und dem künstlich von meinen Collegen Ludwig und Braune gegen diese Untersuchungen in Publikum geschürten fanatischen Unglauben war ich über diesen Vorschlag einigermassen überrascht, indem ich es für selbstverständlich hielt, dass auch mancher Geheime Ministerialrath im Cultusministerium jene Antipathien theilte und es daher zweckmässiger sei, wenn ich bei meiner schriftlichen Eingabe den Gegenstand meiner beabsichtigten physikalischen Untersuchung nicht genauer bezeichnete. Meine in dieser Beziehung geäusserten Bedenken wurden jedoch von Herrn von Gerber als unerhebliche beseitigt, so dass ich hoch erfreut über die mir eröffneten Aussichten zu einer gründlicheren Untersuchung Slade's nach Leipzig zurückreiste und meine Eingabe umgehend concipirte. Am Dienstag den 30. April 1878, Morgens 9 Uhr, als ich eben im Begriffe stand, meine Eingabe an das Ministerium abzusenden, traf der folgende Brief des Herrn Ministers an mich ein und bestätigte mir nachträglich, wie leider nur allzu begründet meine oben erwähnten Bedenken gewesen sind.

Mein lieber Herr Professor!

Hoffentlich treffen Sie diese Zeilen, bevor Sie den beabsichtigen Brief an mich geschrieben haben, da es der Zweck derselben ist, Sie davon abzuhalten. Nachdem ich mich nämlich mit verschiedenen Mitgliedern des Ministeriums besprochen und die Sache weiterer und eingehenderer Erwägung unterworfen habe, bin ich zu meinem wirklich grossen Bedauern zu dem Ergebniss gelangt, dass ich diesen Wunsch unerfüllt lassen muss.

Hoffentlich gelingt es Ihnen, auf anderen privaten Wegen zum Ziele zu gelangen.

Sie wissen, wie gern ich Ihren Wünschen entgegen komme und werden es mir gewiss glauben, dass meine heutige Negative auf ganz entscheidenden Gründen beruht.

In den bekannten Gesinnungen grösster Hochschätzung und Ergebenheit

Ihr

Dresden, 29/4. 78. Gerber.

Die in vorstehendem Schreiben des Herrn Ministers ausgesprochene Hoffnung, dass es mir gelingen werde, „auf anderem privaten Wege zum Ziele zu gelangen", ist durch die Liberalität meines Freundes Oscar von Hoffmann glänzend in Erfüllung gegangen, indem derselbe Hrn. Slade sechs Tage lang, vom 4. bis 10. Mai 1878, als Gast in seinem Hause bewirthete und ihm ausserdem ein sehr anständiges Honorar zahlte. Ich habe dieses Umstandes bereits mit aufrichtigem Danke gegen meinen Freund im zweiten Bande meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen (Thl. 2, S. 909) Erwähnung gethan und erlaube mir gegenwärtig die bisher von mir auch meinen nächsten Freunden gegenüber verschwiegene Thatsache zu erwähnen, dass ich Herrn Slade, in dankbarer Anerkennung für seine der Wissenschaft geleisteten Dienste, aus eigenen Mitteln noch eine anständige Gratification nebst einigen von ihm hier in Leipzig aufgenommenen Photographien nach Brüssel sandte, deren Empfang mir derselbe in einem Schreiben vom 27. Mai 1878 aus Brüssel bestätigte. Ich führe diese Thatsachen deshalb hier an, um zu beweisen, dass heut wie vor 300 Jahren wirkliche Fortschritte in der Wissenschaft nur durch private Munificenz ermöglicht worden sind, gleichgültig ob dieselbe von Fürsten oder begüterten Privatmännern geübt wird. Es ist dies für unsere Zeit, in welcher nach dem demokratischen Dogma des Liberalismus für „Kunst und Wissenschaft" nicht „von Gottes" sondern von „Volkes Gnaden" jährlich so ungeheure Summen ausgegeben werden, eine sehr beherzigenswerthe Wahrheit, indem die Anwendung des parlamentarischen Princips in Sachen des Verstandes und der Vorurtheilsfreiheit eine Absurdität ist, da sich diese Eigenschaften bis an's Ende der Welt stets in der Minorität unter den Menschen befinden werden.

Nachdem am 20. August 1878 der Druck des zweiten Theils vom 2. Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" vollendet war, in welchem ich in ausführlicher Weise meine letzten erfolgreichen Experimente mit Herrn Slade beschrieben habe, übersandte ich ein Exemplar an den Herrn Cultusminister von Gerber mit gleichzeitiger Beifügung eines zweiten zur Ueberreichung an Se. Majestät den König Albert von Sachsen. Der Empfang dieser Sendung wurde mir von Herrn von Gerber durch folgendes Schreiben vom 7. September 1878 bestätigt.

Hochgeehrtester Herr Professor!

Sie haben die Güte gehabt, mir mit sehr geehrter Zuschrift vom 31. v. M. die Fortsetzung Ihrer wissenschaftlichen Abhandlungen (2. Band in zwei Theilen) zu übersenden, und obschon ich Geschäfte halber bis heute noch nicht in der Lage war, mich mit dem Inhalte des Werks bekannt zu machen, so will ich doch nicht zögern, schon heute meinen verbindlichsten Dank für dieses neue werthvolle Geschenk zum Ausdruck zu bringen.

Gleichzeitig bin ich beauftragt, Ihnen den Dank Sr. Majestät des Königs auszusprechen, Höchstwelchem ich Ihrem Wunsche gemäss heute das eine Exemplar überreicht habe.

Ich benutze mit Freuden auch diese Gelegenheit, die Versicherung meiner ausgezeichneten Hochachtung zu erneuern.

Ew. Hochwohlgeboren

ergebenster

Dresden, 7/9. 78. Gerber.

Meine letzten drei Schriften, welche Anfang Juni des Jahres 1880 erschienen:

1. „Ueber den wissenschaftlichen Missbrauch der Vivisection mit historischen Documenten über die Vivisection von Menschen." (Preis 6 Mark.)
2. „Zur Aufklärung des deutschen Volkes über Inhalt und Aufgabe der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" mit notariellen und wissenschaftlichen Attesten zur Rechtfertigung der öffentlich verletzten Ehre der Herren Slade und Hansen." (Preis 3 Mark.)
3. „Das deutsche Volk und seine Professoren. Eine Sammlung von Citaten ohne Commentar. Zur Aufklärung und Belehrung des deutschen Volkes zusammengestellt." (Preis 2 Mark.)

habe ich ohne besondere Begleitschreiben, nur mit einer freundlichen Widmung versehen, an den Cultusminister von Gerber, an den Minister des Königlichen Hauses Freiherrn von

Falkenstein und an den Königl. Preussischen Cultusminister Herrn von Puttkamer gesandt, so dass sich die genannten Herrn Minister bereits 14 Tage früher im Besitze dieser Schriften befanden, ehe dieselben durch die lebhafte und dankenswerthe Theilnahme des Senats unserer Universität, in welchem fast meine sämmtlichen Gegner vertreten sind, auf die Existenz dieser literarischen Produkte aufmerksam gemacht wurden.

An Fürst von Bismarck habe ich die genannten drei Schriften unter Beifügung des dritten Bandes meiner Wissenschaftlichen Abhandlungen („Die Transcendentalphysik") und der Schrift über „das Skalenphotometer" mit folgendem Begleitschreiben übersandt:

Leipzig, den 30. Juni 1880.

Ew. Durchlaucht

beehre ich mich im Anschluss an die bereits am 1. Juni d. J. unter Kreuzband übersandten Schriften den beifolgenden dritten Band meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen", die Schrift über „das Skalenphotometer" und diejenige „Zur Aufklärung des deutschen Volkes u. s. w." zu übersenden. Mögen Ew. Durchlaucht aus dem Inhalte dieser Schriften, besonders aus der Vorrede zum dritten Bande, die trostreiche Ueberzeugung schöpfen, dass sich gegenwärtig in der cultivirten Menschheit eine sittliche und christliche Reformation vollzieht, welche das vor 360 Jahren begonnene grosse Werk unseres deutschen Reformators Luther um ebensoviel an Umfang und Tiefe übertreffen wird, wie der ruhmreiche deutsche Krieg von 1870 die Freiheitskriege der Deutschen gegen Frankreich beim Beginne dieses Jahrhunderts. Mit der erneuten Versicherung aufrichtiger Verehrung

Ew. Durchlaucht

ganz ergebener

F. Zöllner.

Der Empfang des vorstehenden Briefes mit den übersandten Schriften wurde mir durch das folgende Schreiben bestätigt:

Special-Bureau
des Reichskanzlers.

Berlin, den 6. Juli 1880.

Euere Hochwohlgeboren beehre ich mich ergebenst zu benachrichtigen, dass Fürst Bismarck die ihm unter dem 1. und 30. v. Mts. übersandten Druckschriften mit verbindlichem Dank entgegengenommen und mich beauftragt hat, Ihnen denselben hierdurch auszusprechen.

Genehmigen Euere Hochwohlgeboren die Versicherung meiner vorzüglichen Hochachtung

Graf zu Rantzau
Kaiserlicher Legations-Rath.

An
Herrn Professor Zöllner
Hochwohlgeboren
Leipzig.

Indem ich hiermit vorläufig die Veröffentlichung meiner akademischen Correspondenzen beschliesse, hoffe ich hierdurch meinen Lesern einen Beweis von dem bisherigen verständnissvollen Entgegenkommen der Königl. Sächsischen Staatsregierung bei meinen wissenschaftlichen und literarischen Bestrebungen geliefert zu haben. Sollten jedoch die Bemühungen meiner Gegner unter dem Beistande von Juden und Judengenossen das ungetrübte Verhältniss zu meiner vorgesetzten Behörde dauernd zu stören jemals von Erfolg begleitet sein, so erlaube ich mir daran zu erinnern, dass unser glücklich wieder vereintes Vaterland nicht auf das reformatorische Werk des Königreichs Sachsen allein beschränkt ist, sondern die Vertheidigung deutscher Ehre und Freiheit auf dem Gebiete der Wissenschaft auch in anderen deutschen Ländern mit Kraft und Erfolg unter Gottes Beistand von mir durchgeführt werden kann.

Nachtrag

zu der Abhandlung S. 638 ff.

„Ueber ein einfaches Verfahren, ohne Silbersalze mit Anwendung von Eisensalzen unmittelbar kräftige positive Photographien zu erzeugen.“

(Poggendorff's Annalen Bd. 110. S. 153. Mai 1860.)

Ebenso wie ich es dem freundschaftlichen und wissenschaftlichen Interesse des berühmten Chemikers E. Mitscherlich zu verdanken hatte, dass ich im Jahre 1858 zur Bewerbung um die von der Wiener Akademie zum zweiten Male gestellte astronomische Preisfrage veranlasst wurde, ebenso wurde ich durch Mitscherlich in eindringlicher Weise aufgefordert, bei dem Preussischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten ein Gesuch um ein Patent auf das oben von mir beschriebene photographische Verfahren einzureichen.

Abgesehen von dem privatim Herrn Professor Mitscherlich von mir demonstrirten Verfahren, hatte zur Verbreitung des letzteren besonders ein öffentlicher Vortrag in der Berliner „Polytechnischen Gesellschaft“ beigetragen, den ich auf Wunsch ihres langjährigen Vorsitzenden, meines Onkels Bärwald,[1]) gehalten hatte. Ueber diesen Vortrag erschien damals auch in der Leipziger Illustrirten Zeitung ein sehr anerkennendes Referat mit Abbildungen von reproducirten Kupferstichen und Pflanzen. Als Antwort auf mein Patent-Gesuch erhielt ich das folgende Ministerialrescript:

„Das von Ihnen in den anbei zurückerfolgenden Anlagen Ihres Gesuchs vom 23. Februar d. J. angegebene Verfahren zur Herstellung photographischer Abbildungen ohne Anwendung von Silbersalzen, enthält, nach dem Gutachten der Königlichen technischen Deputation für Gewerbe, nichts

[1]) Des verstorbenen Stadtältesten und Directors der städtischen Gasanstalten zu Berlin.

wesentlich Neues. Nach Ihren eigenen Angaben sind Photographien ohne Silbersalze bereits angefertigt worden; die Reaction des Lichts auf Eisenoxydsalze, namentlich auf Eisenchloryd, oxalsaures, citronensaures Eisenoxyd, ist bekannt, und ebenso die Reaction von Jodkalium, sowie deren Nachweisbarkeit durch mit Stärke geleimtes Papier.

Alle einzelnen Reactions-Momente sind also nicht neu, und nur die Anordnung und Reihenfolge der einzelnen Operationen weichen von dem Gewöhnlichen ab. Hierauf kann aber ein Privilegium nicht ertheilt werden.

Berlin, den 12. April 1860.

Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten.
IV. Abtheilung.
Delbrück. Wr.

An
den Herrn Dr. phil. C. F. Zöllner,
Wohlgeboren
IV. 3587. zu Schönweide.

Da es mir selbstverständlich nicht eingefallen war, mich um ein Patent auf „neue Reactions-Momente", sondern vielmehr auf die Verwendung bekannter Reactionen zu einem neuen photographischen Verfahren zu bewerben, so hinterliess diese Antwort einen ähnlichen Eindruck bei mir, wie das oben (S. 733) mitgetheilte Referat der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien über die von mir eingereichte Preisschrift, d. h. es wurde mein kindliches Vertrauen auf die Ueberlegenheit des Verstandes der officiellen Vertreter der Wissenschaft und Technik in einem solchen Grade erschüttert, dass ich bereits damals, beim Beginn meiner öffentlichen literarischen Thätigkeit, den festen Entschluss fasste, niemals wieder als Bewerber weder um eine akademische Preisfrage, noch um ein Patent für die Erfindung technisch verwendbarer Proceduren oder Instrumente (z. B. des Skalenphotometers)[1]), aufzutreten. Mögen meine Erfahrungen auch Anderen in ähnlicher Lage zum Trost und zur Belehrung dienen.

[1]) „Das Skalenphotometer, ein neues Instrument zur mechanischen Messung des Lichtes nebst Beiträgen zur Geschichte und Theorie der mechanischen Photometrie von Friedrich Zöllner." Leipzig (Staackmann). Preis 4 Mark.

Verzeichniss und Anordnung
der
Bildnisse, Tafeln, photolithographirten Schriftstücke und Holzschnitte.

Bildnisse.

Kepler-Büste	Titelbild			
Gauss und Wilhelm Weber . . .	links	von	Seite	XI
Gauss auf dem Todtenbette[1]) . . .	rechts	„	„	XVIII
Newton	„	„	„	XX
Kepler	„	„	„	XXVI
Kant	„	„	„	XXXIV
Wilhelm Weber	links	„	„	XLVII
Robert Mayer	rechts	„	„	648
Kepler-Denkmal	„	„	„	696

Tafeln.

Tafel A mit Sonnen-Protuberanzen . .	rechts	von	Seite	62
Tafel mit Jupiters-Abbildungen . . .	„	„	„	160
Tafel mit Abbildung des Reversionsfernrohrs	„	„	„	304
„ „ „ „ Horizontalpendels	„	„	„	318
Tafel I. und II. zur Abhandlung von Weber und Zöllner	„	„	„	480
Tafel zur monochromatischen Abweichung des menschlichen Auges	„	„	„	602
Tafel I — IX.	am Schlusse des Bandes.			

Die auf Taf. IX photographisch reproducirte Zeichnung des Herrn Dr. J. F. Julius Schmidt, Director der Sternwarte zu Athen, ist mir von demselben bei seiner letzten Anwesenheit in Leipzig zum Geschenk gemacht worden. Die Wichtigkeit der Vergleichung vulkanischer Processe auf der Sonne mit denjenigen auf der Erde mag die Reproduction dieser Zeichnung rechtfertigen.

Photolithographirte Schriftstücke.

Robert Mayer's Brief nebst Abhandlung	rechts	von	Seite	680
F. Zarncke's Brief	„	„	„	756

Holzschnitte

befinden sich auf Seite 109 (2), S. 169, S. 232, S. 246, S. 328, S. 331, S. 341, S. 394, S. 395, S. 396 (2), S. 565.

[1]) Die unter dem Bilde von Gauss befindlichen Worte sind der Schrift von Sartorius von Waltershausen (S. 103) entnommen.

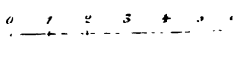
Berichtigung.

S. 809, 23. Zeile v. u. lies: „als Kgl. Rector in Kitzingen", statt: „als Gymnasiallehrer in Bamberg".

Beginn und Vollendung des Druckes.

Anfang des Manuscriptes übergeben den 14. März 1881.
Ende „ „ „ „ 7. September 1881.
Druck vollendet: 10. September 1881.

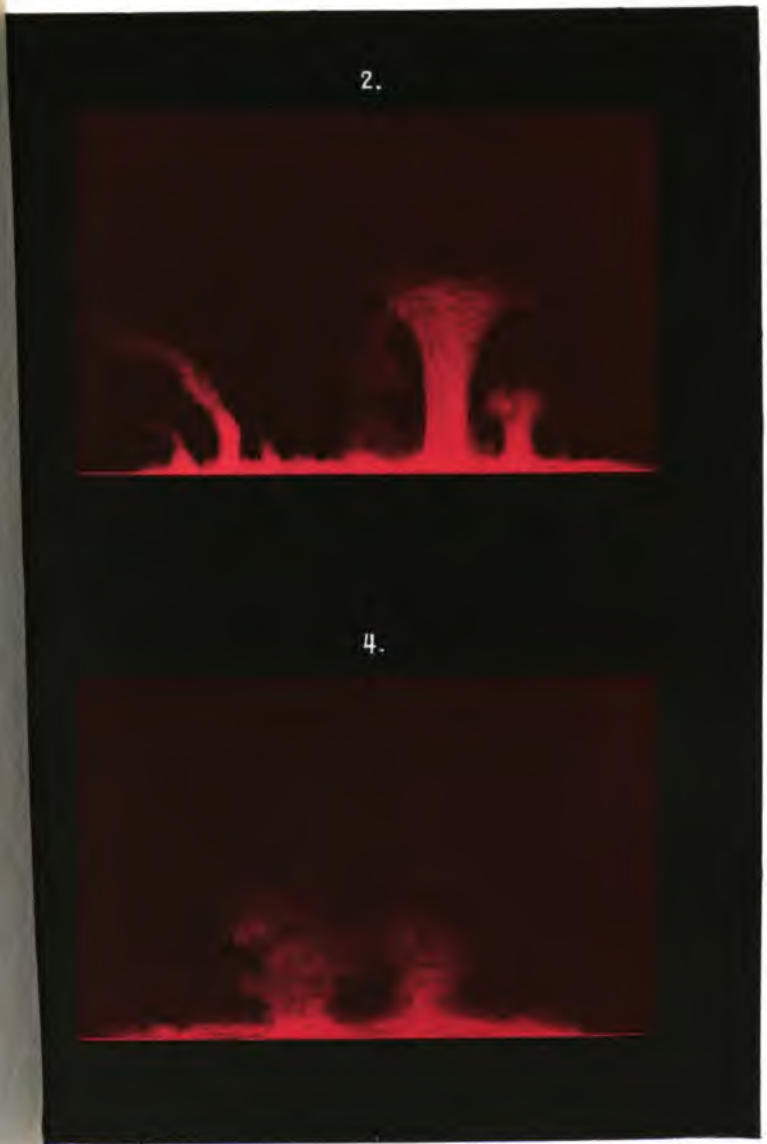
Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

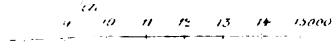


0 1 2 3 4 5 6

N°1
Position 22,5°
Zeit 1h 20m

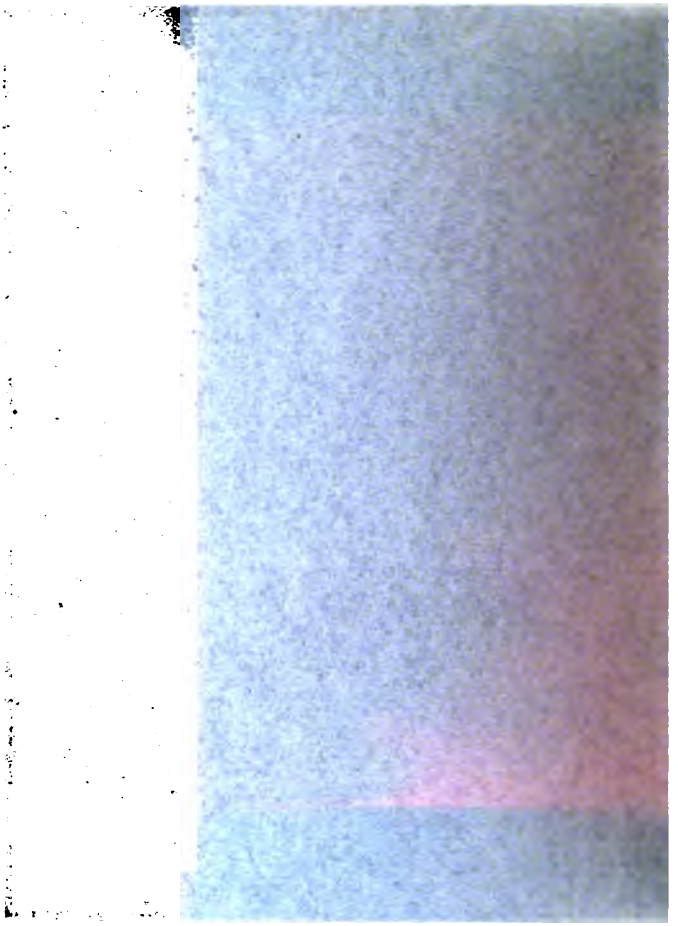
N°2
Dieselbe Protuberanz
Zeit 1h 40m





Nº 3
Dieselbe Protuberanz
Zeit 5h 20M

Nº 4
Position 292°
Zeit 5h 50M



1869 Au
Parities
Zeit 3

I.

Lith. Anst. v. J. G. Bach Leipzig

e. Meilen.

9 10 11 12 13 14 15000.

st II.

5°

M

T.

F Zoilner del.

Geogra

0 1 2 3 4 5 6 7

1869. A

Pass

Zeit

I.

Lith. Anst. v. G. Bach Leipzig.

...e Meilen.

9 10 11 12 13 14 15000.

...st II.

...50.

...m

1869 August 29.

Positum 183°
Zeit 10ʰ 2ᵐ

III.

Lith. Anst. v. J. Bach Leipzig

he Meilen.
8 9 10 11 12 13 14 15000

1869 August 31.

Position 112°
Zeit 5h 3M.

Ta

Geograph

0 1 2 3 4 5 6 7

1869 August 29.

Position 183°
Zeit 10h 2m

f. III.

c. Meilen.
8 9 10 11 12 13 14 15000

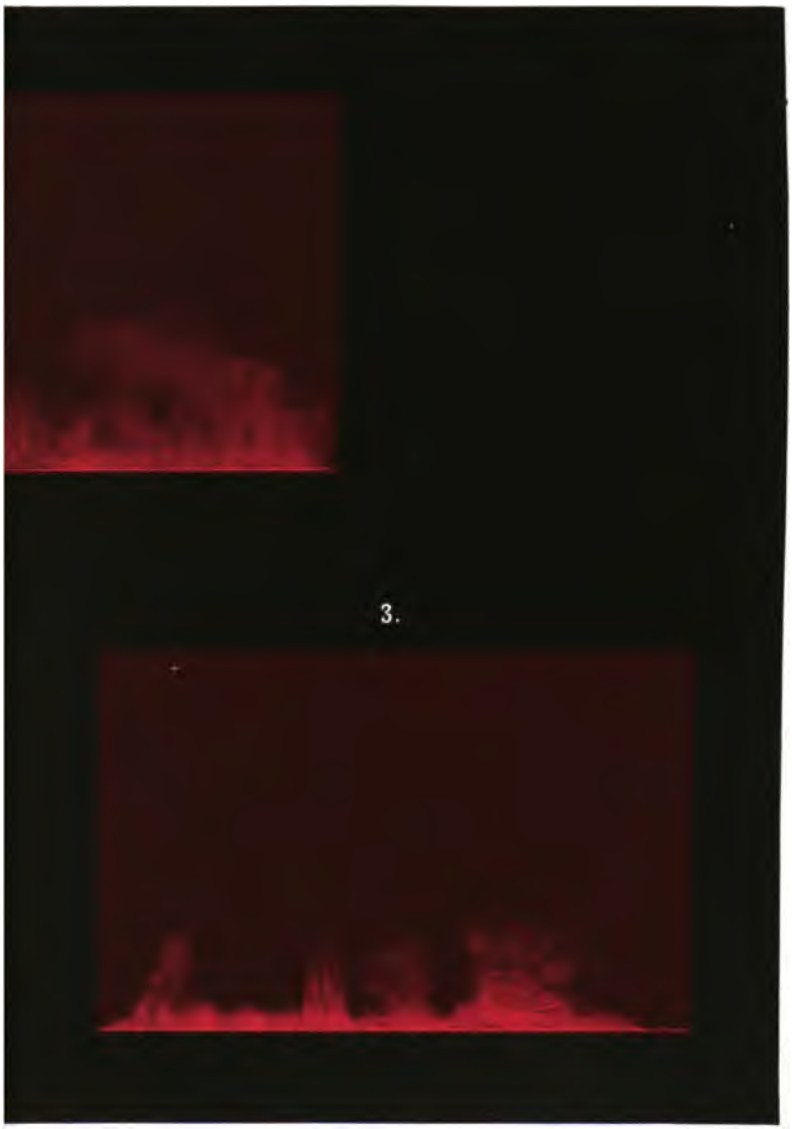
1869 August 31.

Position 112°
Zeit 5h 3m

N°1.
Position 160°
Zeit: 10 U 22 M

N
Dieselbe
Zeit:

IV.



Lith. Anst. v. G. Bach Leipzig.

Meilen.

8 9 10 11 12 13 14 1500

uberanz
0 M.

N°3.
Dieselbe Protuberanz
Zeit: 3 U. 40 M.

Ta

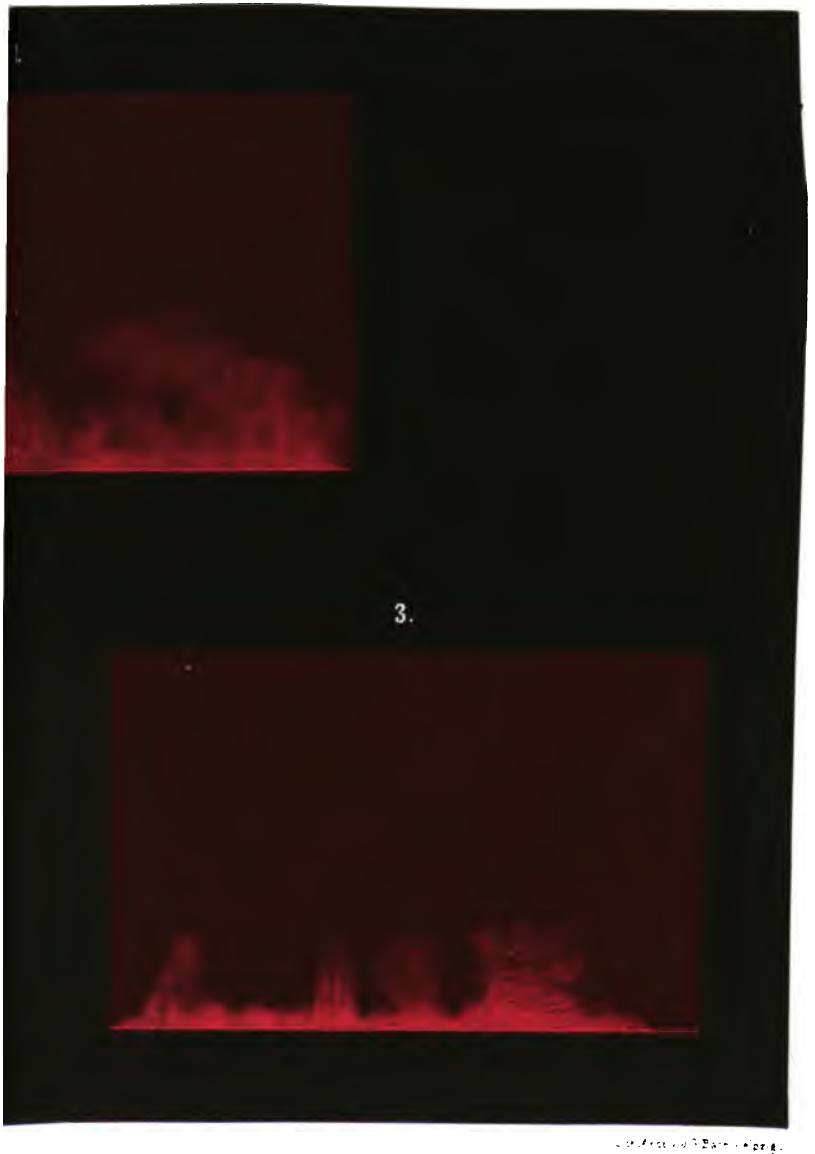
F. Z'Eliner del.

Geographi

0 1 2 3 4 5 6 7

N°1.
Position 160°
Zeit. 10 U 22 M.

N
Dieselbe
Zeit 1



Meilen.
9 10 11 12 13 14 1500

N°3
Dieselbe Protuberanz
Zeit. 3h 40m.

beranz
m

N°1
Position: 166°
Zeit 10h20m

N°2
Dieselbe Protuberanz
Zeit 10h30m

1868. Au

e Meilen
8 9 10 11 12 13 14 15000

est 31

N°3.
Dieselbe Protuberanz
Zeit 10ʰ45ᴹ.

N°4.
Dieselbe Protuberanz
Zeit 10ʰ50ᴹ.